Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 11. Jahrgang / Oktober 2011 / 8 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ IAA: DAIMLER-CHEF ZETSCHE ÜBERRASCHT MIT *F 125!*

→ INTERVIEW MIT CARBAZOL-PAPST PROF. WOLFGANG ARLT

8. Teil der Serie über Elektromobilität
Modellregion: Rhein-Main

10011
3 771862 393505

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
Viel Förderung für USV
Kein H_2-Motor für Bremerhaven
Kai Klinder verlässt NOW
Panasonic baut in Deutschland

6 Messe
Dem Nachwuchs eine Chance

7 Kongresse
15. European Fuel Cell Forum in Luzern
Optimismus beim f-cell-Symposium

10 Entwicklung
Bezahlbares H_2-Speichersystem
Zig Zentren für Elektromobilität
Brennstoffzelle senkt Kerosinverbrauch
Mobile BZ-Minibar für die Schweiz

18 Forschung
Viel Aufregung um Carbazol
Interview: Der bayerische Experte

22 International
Meldungen aus den USA

24 Praxisbericht
Horizon bringt BZ-Ladegerät auf den Markt
Reisemobil mit zusätzlichem Freiheitsgrad

28 Elektromobilität
Neues von der IAA 2011 aus Frankfurt
Daimler präsentiert *F 125!*
Opel bringt Ampera auf die Straße
3. eCarTec in München
Better Place startet in Dänemark & Israel
Abschluss des HyChain-Projekts
Serie Teil 8: Modellregion Rhein-Main
Brennstoffzellen für dänischen Friedhof
Neue BZ-Busse für Hamburg

44 Stellenmarkt

45 Terminkalender

46 Firmenverzeichnis

Foto: Andreas Bösmann

18 Was ist eigentlich Carbazol?

28 – 33 Eindrücke von der IAA 2011

Quelle: DIT

40 Erik Søvndal freut sich über seinen BZ-Truck

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 11. (2011) / Heft 4, Oktober 2011

Verlag: Hydrogeit Verlag, Gartenweg 5, D - 16727 Oberkrämer

Sitz: Oberkrämer
UStID.: DE 221143829

Redaktion & ViSdP: Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Tel./Fax: +49 (0)33055 – 21322/20
E-Mail: kontakt@hydrogeit.de
www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info

Design: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar
Satz: Dipl.-Des. Henrike Hiersig, Weimar
Anzeigen: Kirsten Laasner Projektmanagement, Kirchheim

Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: Printec Offset – medienhaus, Kassel

Druckauflage: 4.500 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 1,50 € Versand)
Jahrespreis (Inland): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,00 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 18,00 € Versand)

Studenten: 50 % Ermäßigung
Kündigung: jederzeit möglich, 6 Wochen vor nächster Ausgabe

Bank: Mittelbrandenburgische Sparkasse
Konto-Nr.: 3705002189
Bankleitzahl: 16050000
IBAN: DE37160500003705002189
BAC: WELADED1PMB

Namentlich gekennzeichnete Beiträge spiegeln die Meinung der Autoren wider und entsprechen nicht unweigerlich der Meinung der Redaktion.

Inhalte der Zeitschrift sowie der Homepage sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nur nach ausdrücklicher Zustimmung des Hydrogeit Verlages vervielfältigt oder anderweitig veröffentlicht werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird keine Haftung übernommen.

H_2YDROGEIT Verlag

Alle technischen Angaben in dieser Zeitschrift wurden von den Autoren, der Redaktion und dem Verlag mit größter Sorgfalt erarbeitet und zusammengestellt. Trotzdem sind Fehler nicht vollständig auszuschließen. Der Hydrogeit Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass er keine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann.

Titelbild: Der *F 125!* von Daimler auf der IAA in Frankfurt [Foto: Sven Geitmann]

ZURÜCK ZUR BRENNSTOFFZELLE

Liebe Leserinnen und Leser!

Den mit Abstand größten Auftritt in Sachen E-Mobilität hatte der Autokonzern Daimler auf der IAA in Frankfurt. Mit dem *F 125!* zog Firmen-Chef Zetsche eine Show ab, die ihresgleichen sucht. Natürlich war dieses Spektakel auch als Ablenkungsmanöver initiiert worden, natürlich ging es dabei vorrangig um Marketingzwecke, damit im Hintergrund ungestört noch größere Geländewagen und noch teurere Premiumfahrzeuge verkauft werden können. Und natürlich werden viele der dort präsentierten Komponenten erst in 20 Jahren marktreif sein. Aber darauf kommt es mir hier jetzt gar nicht so sehr an. Viel wichtiger erscheint mir das lautstarke Bekenntnis zu Gunsten der Brennstoffzellentechnik.

Dieses Bekenntnis muss vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass Daimler schon einmal mit verfrühten Ankündigungen sehr schlechte Erfahrungen gemacht hat. Es kann deshalb vorausgesetzt werden, dass diese Show-Veranstaltung gut überlegt war. Der Stuttgarter Konzern beugt sich hier weit in Richtung Brennstoffzelle aus dem Fenster, obwohl derzeit fast alle Mitbewerber voll auf Batteriefahrzeuge setzen. Das ist ein deutliches Statement sowohl an die Politik als auch den Wettbewerb, dass Daimler diese Technik wirklich will, dass die Weltumrundung mit den drei brennstoffzellenbetriebenen B-Klasse-Modellen nicht nur ein Werbegag war, dass tatsächlich am Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur gearbeitet wird.

Und dennoch bleibt die Ungewissheit, ob bis 2014/2015 nicht vielleicht doch noch eine andere Technologie dazwischenfunken könnte und ob Zetsche lang genug im Amt bleiben wird, um diese neuerlichen Versprechen auch wirklich in die Tat umsetzen zu können.

Tatsache ist, dass das Thema „Elektromobilität“ für über zwei Jahre ein heißes Thema war, länger als viele Beobachter erwartet hatten. Mittlerweile tauchen aber Anzeichen auf, dass die erste Aufregung um Elektrofahrzeuge eventuell Erwartungen geweckt haben könnte, die gar nicht realisierbar sind. So hatte Ende August 2011 der chinesische Ministerpräsident Wen in der Parteizeitung zu Protokoll gegeben, es sei nicht sicher, „ob diese Fahrzeuge sich letztlich durchsetzen“ würden, auch wenn „die Entwicklung von Elektroautos gerade erst begonnen hat.“ Zudem wurde bekannt, dass der chinesische Autobauer Build Your Dreams (BYD) bereits mehrfach die Markteinführung von E-Autos verschoben hat.

„Außer großen Sprüchen kam da noch nicht viel“, sagte Ferdinand Dudenhöffer.

Eine Studie (European Automotive Survey 2011) der Prüfungs- und Beratungsgesellschaft Ernst & Young gibt sogar an, dass die europäischen Automanager durchschnittlich erst 2022 mit dem Durchbruch der Elektromobilität rechnen, also zwei Jahre später als das von der Bundesregierung angepeilte Jahr 2020. Takeshi Uchiyamada, Vizepräsident von Toyota, sagte der Zeitung Welt auf der IAA: „Ich glaube, dass Autos, die nur von einer Batterie angetrieben werden, zwar wichtiger werden. Aber eine nennenswerte Verbreitung werden sie mittelfristig nur in Nischen finden, beispielsweise in Großstädten.“ Er fügte hinzu: „Ich sehe nicht, dass es in absehbarer Zeit Batterien geben wird, die auch nur ansatzweise eine Reichweite ermöglichen, die mit einem Auto nach heutigen Standards vergleichbar wäre.“

Kommt jetzt also für die Batteriefahrzeuge das Tal der Tränen, in dem die Elektromobilität von der Realität eingeholt wird, ähnlich wie es vor Jahren bei den Brennstoffzellenautos war?

Kurz noch zum aktuellen Heft: Der aufmerksame HZwei-Leser wird bei der Lektüre des vorliegenden Heftes feststellen, dass sich einiges geändert hat – nicht so sehr inhaltlich, sondern vorrangig graphisch. Wir haben uns erlaubt, nach fast fünf Jahren des Bestehens das Outfit der Zeitschrift etwas aufzupeppen. Allerdings handelt es sich bei den Veränderungen nur um Kleinigkeiten: Die Titel der Berichte sind jetzt farblich abgesetzt, die Auszeichnungsfarbe Blau ist etwas heller, die Fußzeile passt jetzt zur Kopfzeile und – das ist das Wesentliche – die Bilder sind insgesamt größer. Mit diesem frischeren Design wollen wir das Lesevergnügen weiter fördern. Unter der stärkeren Betonung der Abbildungen soll der Inhalt jedoch nicht leiden, deswegen haben wir die Seitenzahl heraufgesetzt. So erhalten Sie schönere visuelle Eindrücke bei gewohnt detaillierten Inhalten. Wir denken, dass die HZwei dadurch insgesamt noch freundlicher, zeitgemäßer und einfach besser geworden ist. ||

Herzlichst

HZwei Herausgeber

- **Wasserstoff**
- **Infrastruktur**
- **Brennstoffzellen**

Der DWV ist die deutsche Interessenvertretung für Wasserstoff und Brennstoffzellen in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik

Kontakt: www.dwv-info.de / (030) 398 209 946-0

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Hessen neues Mitglied der CEP ... Internationale Konferenz zur Sicherheit von Wasserstoff in San Francisco beendet ... f-cell in Stuttgart abgehalten ...

CONTAINER-TRANSPORTER MIT BRENNSTOFFZELLE

[Foto: ttz/pr]

Entgegen früheren Meldungen werden bei dem Portalhubwagen-Projekt in Bremerhaven voraussichtlich doch keine Wasserstoffverbrennungsmotoren zum Einsatz kommen, sondern voraussichtlich Brennstoffzellen. Günther Schumacher, Projektmanager vom Umweltinstitut ttz Bremerhaven, erklärte gegenüber der HZwei-Redaktion: „Wir haben auch nach Verbrennungsmotoren geschaut, aber MAN und BMW haben uns gesagt, dass die Entwicklung nicht weiter vorangetrieben wird oder die Motoren nicht für unsere Anwendung eingesetzt werden sollen. Von Mazda habe ich noch keine Antwort, und weitere Hersteller haben wir nicht ausfindig machen können. Von Magna Steyr gibt es eine Idee der Umrüstung herkömmlicher Ottomotoren auf Wasserstoff. Da soll in nächster Zeit etwas geschehen.“ Derzeit wird allerdings noch zusammen mit dem Terminalbetreiber Eurogate und dem Hubwagenhersteller Noell Mobile Systems im Rahmen einer Studie untersucht, ob die Containertransporter mit H_2-Antrieben ausgestattet werden können. Für die rund 60 t schweren und 12 m hohen so genannten *Straddle Carrier*, die bisher diesel-elektrisch angetrieben werden, ist eine Leistung von etwa 230 kW erforderlich. Außerdem muss noch ein passender H_2-Tank gefunden werden. Die Studie wird über ein spezielles Programm für die Entwicklung neuer Hafentechnologie (ISETEC) vom BMWI gefördert und soll im November abgeschlossen sein. Ob anschließend ein Prototyp gebaut wird, ist noch offen. Schumacher hofft indessen auf ein positives Signal des Betreibers, da in Wilhelmshaven ein neuer Terminal entsteht und dort zudem Wasserstoff aus der chemischen Industrie vorhanden ist, so dass solch ein Projekt durchaus interessant wäre. ||

VIEL FÖRDERUNG FÜR USV

Zwei neue Brennstoffzellenprojekte im Bereich der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) haben im Spätsommer ihre Förderbescheide erhalten. Zunächst überreichte Enak Ferlemann, der parlamentarische Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), am 29. August 2011 die Bewilligung über insgesamt 175.000 Euro Fördergelder an den niedersächsischen Innenminister Uwe Schünemann. Der Minister nahm das Schreiben in der zentralen Polizeidirektion in Hannover in Empfang, stellvertretend für die Landespolizeidirektion Niedersachsen. Diese möchte die Brennstoffzellen zukünftig an ausgewählten Basisstationen im Behördenfunk erproben. Zunächst sollen gemeinsam mit der Projektgruppe Digitalfunk BOS Niedersachsen fünf Standorte in Niedersachsen mit der neuen Technik ausgestattet werden. Hintergrund ist, dass einige Funkanlagen manchmal nur schwer erreichbar sind (Schnee, Hochwasser, Sturmschäden), mitunter aber auch länger anhaltende Stromausfälle (bis zu 72 Stunden) überbrückt werden müssen.

Als zweites übergab Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium, am 5. September in Berlin einen Scheck über 2,3 Mio. Euro Fördergelder an E-Plus Mobilfunk und Nokia Siemens Networks. Gemeinsam mit FutureE haben die Unternehmen eine vom Stromnetz unabhängige, 40 m hohe Mobilfunkstation aufgebaut (s. HZwei-Heft Apr. 2011), die sich seit April 2011 in Versmold im Testbetrieb befindet. Die Hybridanlage wird ausschließlich mit erneuerbarer Energie versorgt (Solarenergie, Windkraft, Wasserstoff). Bomba bezeichnete diese Installation als „ein eindrucksvolles Beispiel für die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.“ Insgesamt sollen bis zu 13 neue Standorte mit dieser neuen Technik ausgestattet werden. ||

H_2- & BZ-GRUPPE AUF XING

Der Hydrogeit Verlag hat Ende August 2011 eine neue Gruppe auf Xing, dem sozialen Netzwerk für berufliche Kontakte, gegründet. Sven Geitmann, Herausgeber der HZwei und Gruppenmoderator, erklärte: „Ich erhoffe mir von diesem Engagement, endlich mal detailliertere Rückmeldungen aus der Branche zu bekommen, was diese bewegt, wo es derzeit hakt und was zukünftige Themen sind.“ Der Verlag hatte seine Aktivitäten im Online-Bereich bereits 2010 verstärkt, indem er ergänzend zu dem bereits seit langem bestehenden umfangreichen Angebot auf mehreren Websites den HZwei-Blog, den Hydrogeit-Newsletter, einen eigenen Twitter- und auch einen Facebook-Account einrichtete. Jetzt soll zusätzlich eine Plattform geschaffen werden, auf der Fachleute untereinander und auch mit Vertretern anderer Branchen in Kontakt treten und auch Meinungen austauschen können. Geitmann kritisierte: „Für meinen Geschmack wird abseits von Kongressen und Messen immer noch viel zu wenig diskutiert und informiert. Das soll sich nun ändern.“ Die erste Resonanz war durchweg positiv: Gleich am ersten Tag meldeten sich über 150 Personen an. ||

→ www.xing.com/net/hzwei

SPATENSTICH BEI RH_2-WKA

Wie geplant haben am 7. Juli 2011 die Bauarbeiten für das Projekt RH_2-Werder/Kessin/Altentreptow bei Neubrandenburg begonnen (s. HZwei-Heft Okt. 2010). Erwin Sellering, Ministerpräsident von Mecklenburg-Vorpommern, nahm zusam-

C. Schmidt, Ministerpräsident E. Sellering und O. Ehret (NOW-Programmleiter H_2-Bereitstellung, v.l.) André Martin [Quelle: NOW]

men mit dem Geschäftsführer der WIND-projekt GmbH, Carlo Schmidt, den ersten Spatenstich für die CO_2-freie Energiespeicheranlage vor. 28 Enercon-Windkraftanlagen, etliche davon mit 7,5 MW (insg. 140 MW), sollen ausreichend Strom für 125.000 Haushalte liefern. Überschüssige Energie soll zur Erzeugung „Regenerativen Wasserstoffs" (RH_2) genutzt werden. Dafür wird ein Elektrolyseur mit 1.000 kW aufgebaut werden. Das Vorhaben wird von der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie (NOW) mit 4,5 Mio. Euro gefördert und läuft bis Januar 2014. ||

KLINDER VERLÄSST NOW

Kai Klinder

Kai Klinder, Mitbegründer und langjähriger Geschäftsführer der NOW, hat auf eigenen Wunsch am 16. September 2011 die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH verlassen. Gegenüber der HZwei-Redaktion teilte er mit: „Mein Weggang erfolgt im allerbesten Einvernehmen mit meinem Geschäftsführerkollegen Dr. Klaus Bonhoff sowie mit unserem Gesellschafter BMVBS und meinem Aufsichtsrat." Kurz vor Beendigung seiner Tätigkeit in Berlin erklärte der diplomierte Energietechniker nochmals: „Für mich ist die Brennstoffzelle eine Schlüsseltechnologie, die die Wirtschaftskraft der deutschen Industrie nachhaltig stärken und die Klimaschutzziele des Parlaments erheblich unterstützen kann, sofern Erstere die gebotenen Chancen ausreichend wahrnehmen und Letztere die Rahmenbedingungen verlässlich gestalten."

Klinder war zunächst sieben Jahre lang für Vaillant als Entwicklungsleiter für Brennstoffzellenheizgeräte aktiv. 2005 wechselte er als Vertriebsleiter zu MTU CFC Solutions, bevor er 2007 zum Leiter des Geschäftsbereichs „Stationäre Anwendungen" und administrativen Geschäftsführer der NOW ernannt wurde. Seit Oktober ist er nun bei einem namhaften, global tätigen Unternehmen als Leiter eines eigenen Geschäftsbereiches aktiv. ||

„NEUER" WETTBEWERBER BEI BZ-HEIZGERÄTEN

Die Panasonic Corporation hat diesen Sommer eine Brennstoffzellen-Offensive in Deutschland gestartet. Am 1. Juli 2011 eröffnete das japanische Unternehmen sein erstes Forschungs- und Entwicklungszentrum für Brennstoffzellenheizgeräte in Europa. Das Panasonic European R&D Centre Germany (PRDCG) steht in Langen bei Wiesbaden und soll zur Entwicklung und Erprobung der Brennstoffzellenheizgeräte ENE FARM für Ein- und Mehrfamilienhäuser dienen. Das Unternehmen aus Osaka, Japan, das seit 1999 umfangreiche Erfahrungen mit seinem Mikro-Kraftwärmekopplungssystemen im eigenen Land gesammelt hat, will nun auch den europäischen Markt erschließen. Laurent Abadie, Vorsitzender von Panasonic Europe, sagte: „Wir haben unsere Brennstoffzellen bisher noch nicht auf den europäischen Markt gebracht. Doch mit unserem neuen Forschungs- und Entwicklungszentrum, das ganz der Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie in Europa gewidmet ist, sind wir bei der Realisierung unseres Ziels für 2018 wiederum einen Schritt weiter vorangekommen […]." Er erklärte weiterhin: „Unsere Micro-CHP-Brennstoffzelle wird bereits in unserem Eco Ideas House, unserem Testobjekt für innovative, ökologische Konzepte in Japan, eingesetzt. Einem Konzepthaus, das zeigt, wie wir alle mit der richtigen Technologie Häuser haben können, in denen Energie mit so gut wie keinen CO_2-Emissionen erzeugt, gespeichert und eingespart werden kann." ||

MÜLLWAGEN LÄDT MIT H_2

Der Zugang der Brennstoffzellentechnik zum Markt wird über Nischen erfolgen. Einer dieser Nischenmärkte könnte die Abfallwirtschaft sein. Um dies zu testen nahm die Berliner Stadtreinigung (BSR) am 27. Juni 2011 ein Müllsammelfahrzeug, dessen Ladeanlage über ein BZ-System mit Energie versorgt wird, in Betrieb. Die 32 kW leistende *Power-Box* stammt von der Berliner Heliocentris Energiesysteme GmbH, während sich der Aufbautenhersteller Faun um die Fahrzeugintegration hinter dem Führerhaus gekümmert hat. Dr. Johannes F. Kirchhoff, geschäftsführender Gesellschafter der Faun-Gruppe, erläuterte: „Der Dieselmotor des Fahrgestells wird nur noch zum Fahren gebraucht und wird beim Laden des Abfalls abgeschaltet. Die elektrische Energie für den Ladevorgang kommt aus einer Brennstoffzelle, die im Fahrzeug integriert wurde." Eine Start/Stopp-Automatik sorgt dafür, dass der Dieselmotor bei längerem Halt abgeschaltet wird. Das BSR-Fahrzeug, dessen Umbau mit 800.000 Euro über das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) gefördert wurde, wird zwei Jahre lang in Berlin unter Alltagsbedingungen getestet. Die Partner erhoffen sich von dem Zusatzaggregat Einsparungen beim Dieselverbrauch um bis zu 30 %. ||

Thema: Messe | **Autor:** Sven Geitmann

DEM NACHWUCHS EINE CHANCE

2. Clean Tech World in Berlin

Auch im zweiten Jahr konnte die Clean Tech World (CTW) trotz ihres überarbeiteten Konzepts noch nicht überzeugen. Obwohl das Wetter vom 30. September bis 2. Oktober perfekt war und zu einem Ausflug zum ehemaligen Flughafen Berlin Tempelhof einlud, erschienen wie schon im vergangenen Jahr nicht so viele Besucher wie erwartet – trotz freien Eintritts. Insbesondere für die Jugend war jedoch ein attraktives und informatives Programm organisiert worden.

Erste Komplikationen waren bereits im Vorfeld aufgetreten, weil der Sponsor für eine Plakataktion abgesprungen war. Auch die Anreise zur CTW gestaltete sich schwierig, da die Veranstaltung nicht wie beim *eDay 2009* und im vergangenen Jahr über den Haupteingang des Flughafengebäudes zu erreichen war. Diese Location wäre zu teuer gewesen. Stattdessen musste man sich den Weg zum etwas abseits gelegenen Hangar 2 aufgrund der mangelhaften Beschilderung mühsam erfragen. Die dortige Ausstellungsfläche war groß, vielleicht zu groß, so dass sich die Besucher – und auch die E-Fahrzeuge – auf den rund 300.000 Quadratmetern verliefen.

Große Namen suchte man während der CTW vergeblich: Harald Wolf, der Berliner Wirtschaftssenator, hatte zwar die Schirmherrschaft übernommen, erschien aus gesundheitlichen Gründen aber nicht vor Ort. Der Bundesverkehrsminister a. D. Wolfgang Tiefensee, der auf der begleitenden und nur mäßig besuchten Konferenz *Clean Tech Insights* als Gastredner eingeladen war, sagte kurzfristig ab, und auch unter den Ausstellern war lediglich Mitsubishi Motors Deutschland als klassischer Autohersteller vertreten. Die großen Energieversorger blieben in diesem Jahr ganz der Messe fern. Dementsprechend sarkastisch äußerte sich ein Gast auf der CTW-Facebook-Seite: „Mehr Aussteller als Besucher blieben der Messe in diesem Jahr fern. Altes Problem in der Branche."

Ursprünglich gedacht war die Clean Tech World als „einzigartige Plattform für Zukunftstechnologien verschiedenster Branchen", so Schirmherr Harald Wolf, aber genau hier scheint das Problem zu liegen: Es wurden alle möglichen Umweltthemen angesprochen, aber keines konkret. Elektromobilität, das als Schwerpunktthema dienen könnte, war grad vor vier Monaten im Rahmen der *Michelin Challenge Bibendum* an gleicher Stelle sehr viel größer und pompöser von vorne bis hinten durchdekliniert worden.

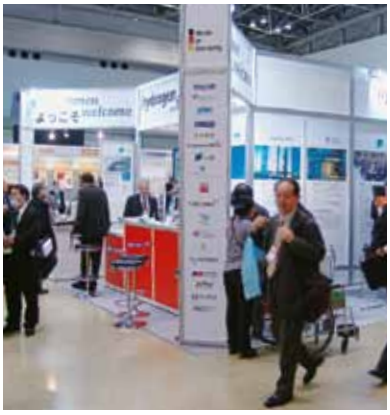
ERFOLGREICHE NACHWUCHSARBEIT Neu war in diesem Jahr der *CTW Talent Day,* der als „Drehkreuz für den Nachwuchs" konzipiert war und durchaus als Erfolg bezeichnet werden kann. Zahlreiche Schüler, Studierende und Berufseinsteiger waren erschienen, um sich über Karrierechancen in der Clean-Tech-Branche zu informieren und an Solarfahrzeugen zu basteln. Insbesondere für die so genannten MINT-Berufe (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften & Technik) wurde Werbung gemacht, da es hier bereits heute 150.000 unbesetzte Stellen gibt.

Nichtsdestotrotz erhielt Notker Schweikhardt, der Creative Director der CTW, am ersten Messetag für sein Engagement eine Auszeichnung. Christian Dallwitz, Mitglied der Geschäftsleitung der Deutschen Bank Berlin, zeichnete die Clean Tech World als „Ausgewählten Ort 2011" im bundesweit ausgetragenen Innovationswettbewerb „365 Orte im Land der Ideen" aus (s. Abb. 2). Dallwitz betonte: „Die Clean Tech World ist eine einzigartige Plattform für Umwelttechnologien. Sie gibt dem Thema Nachhaltigkeit ein breites öffentliches Forum, vernetzt Experten und fördert die Kooperation von Unternehmen aus der Umweltbranche. Die Clean Tech World integriert Ökonomie und Ökologie – auf bislang einmalige Weise."

Im Vorfeld hatte Falk Schweikhardt, Geschäftsführer der CTW-Messe, erklärt: „Wir bündeln die nationalen Kompetenzen im Bereich eMobility und zeigen schon heute, was morgen möglich ist." Wenn allerdings das Gezeigte tatsächlich die gesammelte nationale Kompetenz gewesen sein sollte, könnte Deutschland seine Ambitionen, Leitmarkt für Elektromobilität werden zu wollen, getrost vergessen. Die Gebrüder Schweikhardt wollen trotz alledem auch fürs nächste Jahr an ihrem Konzept festhalten. ||

Abb. 2: Preisübergabe durch C. Dallwitz an N. Schweikhardt (l.)

Deutsche Pavillons 2012
2 Leitmärkte – 2 große Veranstaltungen



hydrogen and fuel cells
made in Germany

FC Expo
29. Februar – 2. März 2012,
Tokio, Japan

World Hydrogen Energy Conference
3.–7. Juni 2012, Toronto, Kanada

Unsere Kompetenz für Ihre internationalen Beteiligungen

PETER SAUBER AGENTUR
Messen und Kongresse GmbH
Silke Maiwald · Telefon +49 711 656960-55
silke.maiwald@messe-sauber.de
www.messe-sauber.de

Thema: Kongress | **Autor:** Sven Geitmann

FAKTEN UND PHYSIK

15. European Fuel Cell Forum in Luzern

1994 hat Ulf Bossel das *European Fuel Cell Forum (EFCF)* ins Leben gerufen und 17 Jahre lang geleitet. In all den Jahren hielt er nie mit seiner Meinung hinter dem Berg, dass er Wasserstoff für keinen geeigneten Energiespeicher hält. Entsprechend stark war das Luzerner Forum thematisch ganz auf Brennstoffzellen ausgerichtet. Seit August 2010 obliegt die Kongressleitung nun Olivier Bucheli und Dr. Michael Spirig. Gemeinsam mit anerkannten Wissenschaftlern wollen die beiden Enddreißiger das EFCF thematisch neu ausrichten und auch für Wasserstoff öffnen.

Vom 28. Juni bis 1. Juli 2011 fand erstmals die „Internationale Konferenz für Brennstoffzellen und Wasserstoff“ unter der neuen Führung statt. Der inhaltliche Schwerpunkt dieses 15. European Fuel Cell Forums lag zwar auf PEM-Brennstoffzellen, in den rund 120 Vorträgen ging es jedoch auch um Wasserstoff. Olivier Bucheli sagte: „Wasserstoff ist ein sehr wichtiger Teil.“ Der Vorsitzende des EFCF-Beirats, Dr. Robert Steinberger-Wilckens, fügte hinzu: „Wasserstoff muss grün sein.“ Der Chairman der Veranstaltung, Prof. Dr. K. Andreas Friedrich vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), erklärte, beim EFCF werde ein „ganzheitlicher Ansatz für Wasserstoff und Brennstoffzellen“ verfolgt. Es solle ein Gesamtbild dargestellt werden, bei dem sowohl wissenschaftliche Forschung als auch praktische Anwendungen beleuchtet werden.

WISSENSCHAFTLICHE AUSRICHTUNG Bucheli und Spirig machten zudem deutlich, dass die Veranstaltung weiterhin ihre Unabhängig pflegen und ihr Fokus trotz einiger konzeptioneller Veränderungen nach wie vor auf „Fakten und Physik“ liegen werde. Gegenüber anderen Konferenzen, die sich nach Meinung von Olivier Bucheli stark an wirtschaftlichen Gesichtspunkten orientieren, versuchte sich der neu ernannte EFCF-Präsident abzugrenzen. Er sagte: „Wir wollen keine rein kommerziellen Vorträge. Die Inhalte sind wissenschaftlich.“

Begleitend zur Konferenz präsentierten knapp ein Dutzend Aussteller ihre neuesten Entwicklungen im Kultur- und Kongress-Zentrum Luzern (KKL). Die insgesamt knapp 200 Teilnehmer aus 25 Ländern konnten beispielsweise in Kontakt treten mit der Belenos Clean Power Holding, die 2007 vom mittlerweile verstorbenen Swatch-Eigner Nicolas Hayek gegründet worden war. Belenos arbeitet derzeit gemeinsam mit dem schweizerischen Paul-Scherrer-Institut (PSI) an einem neuen 25-kW-Brennstoffzellen-Hybridsystem, das mit Wasserstoff und reinem Sauerstoff betrieben wird. Es soll dazu beitragen, dass eine 63 Quadratmeter große Photovoltaikanlage demnächst einen Kleinwagen über jährlich 13.000 Kilometer mit Energie versorgen kann.

Außerdem war ein innovativer Servierwagen im Betrieb zu sehen. Die Minibar verfügt über ein *Independent Hydrogen Power System (IHPos)* der CEKAtec AG, eine BZ-Einheit, die die Kaffeemaschine sowie den Getränkekühler dauerhaft mit Strom versorgt (s. Fachbericht auf S. 16). Praktische Erfahrungen konnten Interessenten mit der aktuellen Version der *Hydroxy 3000* sammeln. Der Elektro-Katamaran, an dem auch schon Michael Spirig 2005 forschte, wird derzeit vom Energieinstitut der Ingenieurshochschule des Kantons Vaud (HEIG-VD) weiterentwickelt und getestet.

Die Hydroxy 3000 auf dem Vierwaldstätter See

Im nächsten Jahr, beim 10. European SOFC Forum (26. bis 29. Juni 2012), wird der inhaltliche Schwerpunkt gemäß dem zweijährigen Wechselturnus auf Hochtemperatur-Brennstoffzellen liegen. Dort werden 600 Teilnehmer und 30 Aussteller erwartet. ||

SOLARPRAXIS
engineering | conferences | publishing

www.solarpraxis.de

12. Forum Solarpraxis

Solartechnik – Politik, Märkte, Finanzen, Marketing und Vertrieb · Europas renommierter Branchentreff für Solarindustrie, Finanzwelt, Politik und Medien ·

17. – 18. November 2011, Maritim proArte Hotel, Berlin

Platin Sponsoren

EGING PV

SANTERNO
CARRARO GROUP

Platin Medienpartner

pv magazine
PHOTOVOLTAIC MARKETS & TECHNOLOGY

Thema: Kongress | **Autor:** Sven Geitmann

F-CELL FÄHRT HOCH

Optimismus beim bisher größten Symposium in Stuttgart

Die Stimmung im Stuttgarter Haus der Wirtschaft war gut. So viele Teilnehmer wie noch nie zuvor waren vom 26. bis 27. September 2011 zur 11. f-cell gekommen. Entsprechend locker gaben sich die Veranstalter, die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (WRS) und die Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse. „Das war die beste f-cell, die wir je hatten", freute sich Peter Sauber. Mit zu diesem Erfolg beigetragen haben dürfte die Anwesenheit des neuen Phileas-Busses, der auch den Shuttle-Service für die Gäste der Preisverleihung übernahm.

Es waren nochmals weitaus mehr Besucher als in dem bereits gut besuchten f-cell-Jubiläumsjahr 2010: Über 1.000 Branchenvertreter waren aus insgesamt 26 Ländern angereist. Auch bei der begleitenden Ausstellung waren mehr Institutionen als jemals zuvor vertreten (46). Diese Steigerungen bewirkten nicht nur ein regeres Treiben in den Gängen, sondern gleichzeitig auch eine wesentlich optimistischere Atmosphäre.

Was genau auf einmal zu dem verstärkten Interesse an der f-cell geführt haben könnte, lässt sich nur mutmaßen: War es das klare Bekenntnis von Daimler zu BZ-Fahrzeugen? War es die öffentliche Debatte über Kernenergie und potentielle Energiespeicher? War es die Erkenntnis in der Zulieferbranche, dass ein Weg aus der Krise über neue innovative Techniken führt? Oder war die Zeit jetzt einfach reif?

Vielleicht war es auch einfach die Referentenauswahl, immerhin wurde die Begrüßungsrede zum ersten Mal von einem Landesumweltminister der Grünen, Franz Untersteller (s. Foto), gehalten. Dieser nahm sich dann auch extra viel Zeit und ging ausführlich auf die Energiewende, die Atomkatastrophe von Fukushima, die Landespolitik und natürlich die Brennstoffzellentechnik ein. Er betonte dabei die Notwendigkeit, für den Fahrzeugantrieb „grünen" Wasserstoff zu verwenden und erklärte: „Die Zukunft hat bereits begonnen.

MIT DEM PHILEAS ZUR PREISVERLEIHUNG Beim Ride&Drive-Angebot standen erstmals fünf verschiedene Pkw-Modelle (z.B. *Honda FCX Clarity*, *Opel Ampera*) sowie zwei Zweiräder zur Verfügung. Für Aufsehen sorgte HyCologne, das es möglich gemacht hatte, mit seinem 18 m langen Brennstoffzellen-Hybridbus nach Stuttgart zu kommen. Der *Phileas* hatte erst kurz zuvor seine viermonatige Testphase im Rhein-Erft-Kreis erfolgreich abgeschlossen (s. HZwei-Heft, Juli 2011), bevor er nun im Linienverkehr in Hürth und Brühl eingesetzt wird. Durch die erfolgreiche Fahrt vom Rhein in die baden-württembergische Hauptstadt kamen alle Gäste der *f-cell award* Preisverleihung in den Genuss einer kostenlosen, leisen und sauberen Probefahrt zu den Stuttgarter Wagenhallen. Boris Jermer und Karsten Krause

von HyCologne zeigten sich dementsprechend erfreut über die gelungene Überraschung und berichteten voller Stolz über den niedrigen Verbrauch des Gelenkbusses (11 – 13 kg H2 auf 100 km). Allein die Stuttgarter Wasserstofftankstelle, die trotz des angekündigten Nachfüllstopps am Anreisetag nicht betriebsbereit war, sorgte zunächst für etwas Unruhe. Tags darauf war dann allerdings schon wieder alles voll funktionstüchtig. So konnte dann auch am 28. September die Technik-Tour zum Zentrum E-Mobilität, zu Nucellsys nach Kirchheim/Teck und zum Max-Planck-Institut erfolgreich mit dem Bus durchgeführt werden.

Bei der Verleihung der *f-cell awards* konnte sich wieder mal eine Abteilung des Hauptsponsors Daimler freuen. Minister Untersteller überreichte den ersten Platz an Dr. Thomas Poschmann, Dr. Steffen Doenitz und Adrian Wieser für die Entwicklung und Produktion des ersten unter Serienbedingungen hergestellten Brennstoffzellen-Pkw, die B-Klasse F-Cell, die erst kürzlich erfolgreich die Erde umrundet hatte. Der zweite Rang blieb ebenfalls in Baden-Württemberg: Die Robert Bosch GmbH erhielt die silberne Auszeichnung für die Entwicklung eines kompakten H_2-Dosierventils für BZ-Fahrzeuge verschiedener Größenordnung und Leistungsklasse („Klein aber fein“). Den f-cell award in Bronze mussten sich dieses Mal zwei Unternehmen teil: Zuerst wurde SFC Energy für die neue Produktgeneration des portablen BZ-Systems *efoy Comfort* geehrt. Anschließend kam Lars Frahm von N2telligence nach vorn und erhielt seine Urkunde für die Entwicklung des Brandschutzsystems *QuattroGeneration*.

Auf dem Symposium, bei dem rund 70 internationale Experten vortrugen, berichtete unter anderem Robert Rose von der Fuel Cell and Hydrogen Energy Association (FCHEA), in den USA sei letztlich auch aufgrund der Energiewende in Europa sowie der hiesigen H_2-Aktivitäten eine ernsthafte Diskussion über die dortige Energiepolitik entfacht worden. Allein in Kalifornien wird mittlerweile davon ausgegangen, dass 50.000 BZ-Fahrzeuge bis 2017 auf der Straße sein könnten. Der US-Energieminister Chu habe Wasserstoffautos daher ausdrücklich Mitte September als „Teil des Portfolios“ bezeichnet.

NEUE FIRMEN, NEUE TECHNIKEN Auf der f-cell-Messe waren in diesem Jahr einige neue Namen zu finden. So zeigte beispielsweise erstmalig die John Guest GmbH ihr leichtes, günstiges Steckverbindungssystem auf Kunststoffbasis im Haus der Wirtschaft. Auch die Miba Coating Group war neu dabei und präsentierte ihre Beschichtungstechniken. Fix Maschinenbau hingegen, die schon als Dauergast gelten, knüpfte an Bestehendes an (s. HZwei-Heft Apr. 2010) und zeigte die jüngsten Ergebnisse aus dem Bereich der Automatisierungstechnik. Das Unternehmen der UTZ-Gruppe aus Korb bei Stuttgart zeigte live vor Ort ein Montagesystem, mit dem ein kompletter Stack halbautomatisch zusammengesetzt und gleichzeitig (in-process, s. Abb. 3) auf Dichtheit, Impedanz und Isolation geprüft werden kann, wodurch die Fertigungskosten reduziert werden und die Qualität gesteigert wird. Nach Auskunft des Zentrums für BrennstoffzellenTechnik (ZBT), das als Entwicklungspartner mitwirkte, kann mit Hilfe der patentierten Technologie die Fertigungszeit von drei Stunden auf zwanzig Minuten reduziert werden. Edgar Lederer, Leiter Vorentwicklung bei Fix Maschinenbau, erklärte: „Dies ist die Basisversion. Der Montageplatz kann aber im Automatisierungsgrad beliebig gesteigert werden. Er ist sowohl in den geometrischen Dimensionen als auch im Automatisierungsgrad skalierbar.“ ||

Abb. 3: Geordnetes Stapeln, Ausrichten und Prüfen in zwanzig Minuten

Thema: Entwicklung | **Autorin:** Tetyana Raksha

BEZAHLBARES H_2-SPEICHERSYSTEM

Analyse der großtechnischen Stromspeicherung

Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, den Anteil an erneuerbaren Energien am gesamten Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 35 %, bis 2030 auf 50 % und bis 2050 auf bis zu 80 % zu erhöhen. Diese aus klima- und umweltpolitischer Sicht sehr erfreuliche Entwicklung hat weit reichende Auswirkungen auf den Betrieb des konventionellen Kraftwerkparks und der Stromnetze. Die Integration und Einspeisung des regenerativ erzeugten Stroms (1. Halbjahr 2011 in Deutschland ca. 20 %) in das vorhandene Stromnetz sind bereits heute mit teilweise erheblichen technischen und logistischen Herausforderungen verbunden. Eine Möglichkeit der effizienteren Einbindung regenerativ erzeugter Energien in das Energieversorgungsnetz ist die großtechnische Speicherung elektrischer Energie mithilfe von Wasserstoffsystemen. Deswegen wurden in der vorliegenden Arbeit die Funktionsweise sowie der aktuelle Entwicklungsstand der einzelnen großtechnischen Speichertechnologien ausführlich diskutiert sowie Potenziale und Perspektiven in Deutschland aufgezeigt.

Im Gegensatz zum Einsatz fossiler Brennstoffe besteht bei der Nutzung regenerativ erzeugter Energien meist eine sowohl zeitliche als auch räumliche Diskrepanz zwischen Energieangebot und Energienachfrage. Zur Stabilisierung des Netzes muss jedoch zu jedem Zeitpunkt ein Ausgleich zwischen dem aktuellen Bedarf und der erzeugten Energiemenge geleistet werden. Dieser Ausgleich kann über geeignete Vernetzung, intelligentes Lastmanagement und/oder die Entwicklung großtechnischer Speichersysteme erfolgen, wobei für die Beherrschung längerfristiger Flauten und der jahreszeitlichen Schwankungen enorme Speicherkapazitäten benötigt werden.

Abbildung 1 verdeutlicht graphisch die um zwei Größenordnungen höhere Speicherkapazität der Wasserstofftechnologie im Vergleich zu Pumpspeicherkraftwerken und Druckluftspeicherkraftwerken. Dieses Ergebnis ergab sich aus einem Vergleich der Kenndaten der bestehenden Technologien mit den berechneten Daten eines Wasserstoffspeichersystems entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Technik. Die H_2-Speichertechnologie weist zwar mit etwa 40 % die niedrigsten Wirkungsgrade der betrachteten großtechnischen Speichertechnologien auf, bietet jedoch aus heutiger Sicht die einzige bekannte Möglichkeit, die mittel- bis langfristig prognostizierten, volkswirtschaftlich relevanten Mengen elektrischer Energie im TWh-Bereich über längere Zeiträume speichern zu können.

ENTWICKLUNG EINES SIMULATIONSMODELLS Zur Analyse und Bewertung der großtechnischen Speicherung elektrischer Energie aus Offshore-Wind mit Wasserstoff wurde ein Simulationsmodell entwickelt, mit dessen Hilfe ein H_2-Speichersystem abgebildet und die Glättung des eingespeisten Windstroms durch Zwischenspeicherung simuliert wird. Das Ziel der Vergleichmäßigung war die kontinuierliche Bereitstellung einer garantierten Leistung.

Für die Wasserstofferzeugung wurde die Druckelektrolyse als Verfahren eingesetzt. Die Speicherung des so erzeugten Wasserstoffs erfolgt unterirdisch in ausgesolten Salzkavernen. Die Rückverstromung von Wasserstoff erfolgt in einem Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD) mit Wasserstoff als Brennstoff, wobei aus technologischen Gründen eine heute noch geringe Erdgasbeimischung erforderlich ist.

Die Schlüsselkomponente der gesamten Speicherkette ist die Elektrolyseanlage. Selbst wenn für die Prozesselemente „Speicherung“ und „Rückverstromung“ auch andere Technologien als die in der hier ausgelegten Anlage ausgewählten Technologien eingesetzt werden könnten, ist die Elektrolyse in einem Wasserstoffspeichersystem unabdingbar.

AUSLEGUNG DES MODELLS Das entwickelte Modell dient der Simulation von Wasserstoffspeichersystemen verschiedener Dimensionen mit dem Ziel, die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit zu prüfen. Die Windenergie wird zum Teil direkt ins vorhandene Stromnetz eingespeist, während der verbleibende Teil in das Speichersystem eingebracht wird.

Als Basis für die Offshore-Windpark-Charakteristik diente die Jahresdauerlinie der Windenergieeinspeisung der Messstation Repower (Höhe: 126 m, Leistung: 5 MW) am Standort der Forschungsplattform FINO1 im Jahr 2007. Die Anzahl der Elektrolysemodule kann dabei abhängig von der geforderten Gesamtleistung, die durch Offshore-Windenergieeinspeisung vorgegeben wird, variieren. Die einzelnen Kavernen können nach Bedarf zu einem Kavernenpark zusammengeschlossen werden. Entsprechend der erforderlichen Entladeleistung dieser H_2-Speicher werden die Blockleistung und die Blockanzahl des GuD-Kraftwerks angepasst. Da das vorgestellte Modell hauptsächlich als Saisonalspeicher dient, wurde angenommen, dass die im Speicher zur Verfügung stehende Nutzenergie sechs Mal jährlich abgerufen wird. Der Wirkungsgrad des Gesamtsystems beträgt 37,6 %.

ZWEI SIMULATIONSSZENARIEN Es wurden mehrere Szenarien simuliert. Die dementsprechenden Systemauslegungen wurden im Detail diskutiert und verglichen. Innerhalb der Simulation wurden zwei Grenzfälle festgelegt: Im ersten Grenzfall *(Spitzenleistung)* entspricht die Anlagenauslegung einer minimalen Elektrolyseleistung (1 GW_{el}) und der maximalen direkten Netzeinspeisung (9 GW_{el}) aller simulierten Fälle. Die

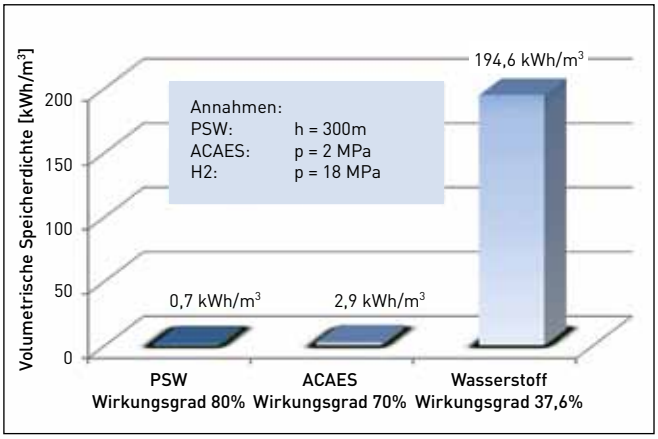


Abb. 1: Volumetrische Speicherdichte in kWh/m³

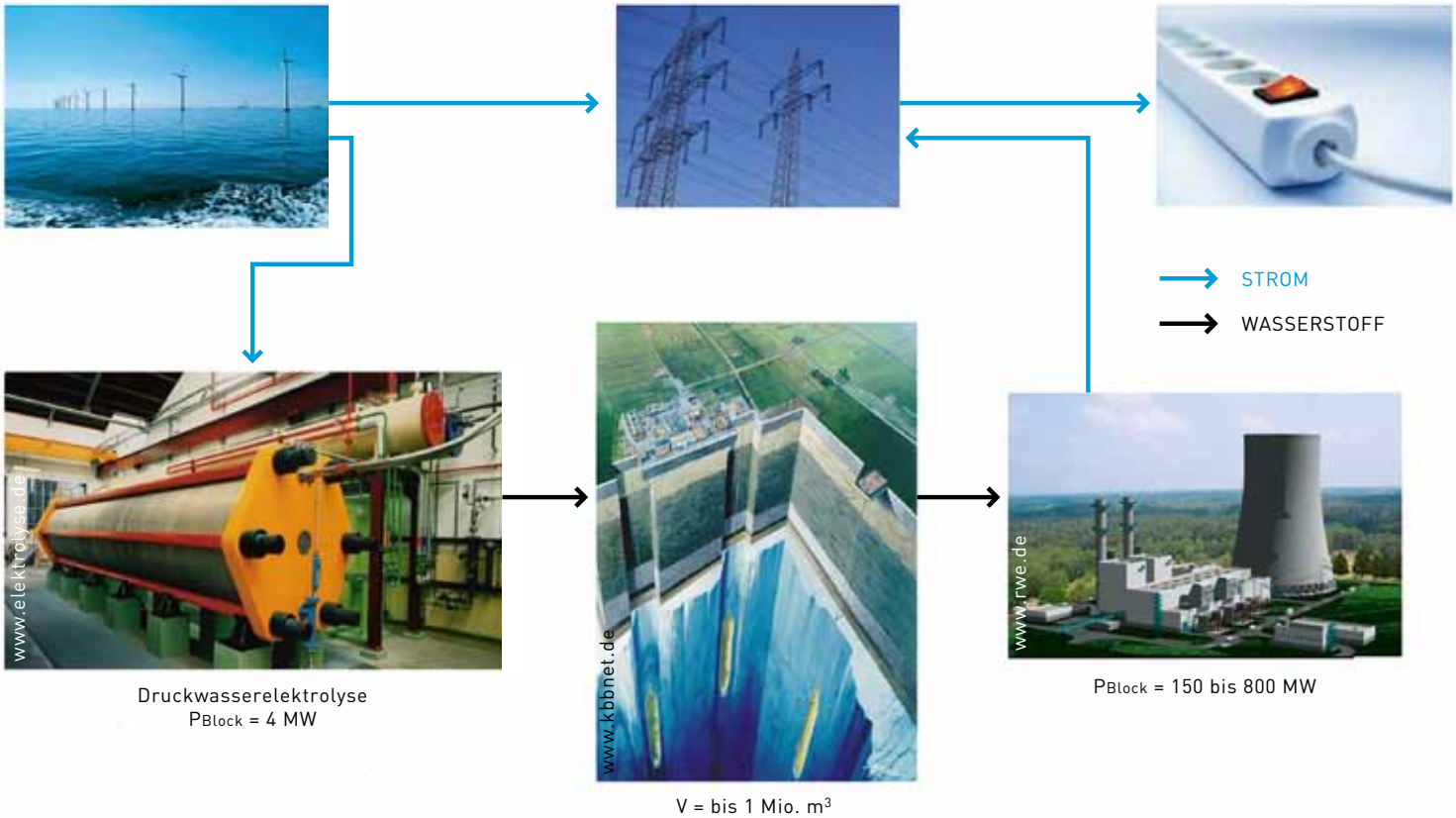


Abb. 2: Aufbau des untersuchten Wasserstoffspeichersystems

einzuspeichernde Energie beträgt in diesem Fall etwa 4,5 % der insgesamt erzeugten Windenergie. Dementsprechend werden 95,5 % direkt ins Netz eingespeist. Durch diese Kombination von Speichersystem und Netz wird verhindert, dass die Windanlagen bei hohen Leistungen abgeregelt werden. Ausgehend von diesem ersten Grenzfall wurde die Anschlussleistung des Elektrolyseurs in 10 %-Schritten erhöht.

Abschließend wurde der andere Grenzfall *(Dauerleistung)* bestimmt, in welchem die Netzeinspeisung 3,5 GW_{el} beträgt. Die Anschlussleistung des Elektrolyseurs beträgt dementsprechend 6,5 GW_{el}. Diese Auslegung entspricht einer maximalen Elektrolyseleistung und der minimalen direkten Netzeinspeisung aller simulierten Fälle. Hier werden etwa 51 % der Windenergie über den Speicher geleitet; die restlichen 49 % direkt ins Netz eingespeist. Diese Kombination ermöglicht die Bereitstellung einer garantierten Leistung von 3,5 GW_{el}, die unabhängig von Schwankungen im Windenergieangebot jederzeit bereitgestellt werden kann. Durch eine weitere Erhöhung der Speicherkapazität wird keine weitere Verstetigung des eingespeisten Windstroms mehr erreicht.

TECHNISCH REALISIERBAR Für die technische Realisierung des Spitzenleistungsfalls muss ein Speichersystem aus einer Elektrolyseanlage mit einer Gesamtleistung von 1 GW_{el}, einer Salzkaverne mit einem geometrischen Gesamtvolumen von 1 Mio. m³ und einem GuD-Kraftwerk mit 315 MW elektrischer Leistung errichtet werden. Um den Dauerleistungsfall zu realisieren, muss eine Elektrolyseanlage mit 6,5 GW_{el} Anschlussleistung, ein Kavernenpark aus sieben Kavernen und eine GuD-Anlage aus sechs Blöcken zu je 600 MW_{el} aufgebaut werden. Abhängig von den vorgegebenen Rahmenbedingungen ist die Dimension der Anlagen divergierend. Die Analyse der technischen Realisierbarkeit für sämtliche simulierten Fälle hat aufgezeigt, dass diese nach dem heutigen Stand der Technik bereits gegeben ist, wobei alle drei gewählten Anlagekomponenten (Elektrolyseur, Salzkaverne und GuD-Kraftwerk) sich im Hinblick auf ein Wasserstoffspeichersystem in einem noch optimierbaren technischen Stadium befinden.

KOSTENANALYSE Darüber hinaus wurden für alle ausgelegten Fälle die Kosten für die Speicherung elektrischer Energie berechnet. Da die Berechnung der reinen Speicherungskosten im Vordergrund steht, wurden die Kosten für den einzukaufenden Strom für die Beladung des Speichers nicht in die Berechnung miteinbezogen. Die berechneten >>

Stromspeicherungskosten variieren von 0,53 €/kWh für die Spitzenleistung bis zu 0,32 €/kWh bei der Lieferung der maximal gesicherten Dauerleistung. Diese Differenz ist auf die zunehmend höhere Auslastung des Elektrolyseurs von Fall 1 (1.850 Volllaststunden pro Jahr) bis zu Fall 7 (3.236 Volllaststunden pro Jahr) zurückzuführen. Die berechneten Kosten entsprechen dem Stand der Technik im Jahr 2010.

In einem weiteren Schritt wurde geprüft, ob in dem entwickelten Wasserstoffspeichersystem Kostensenkungspotenziale vorhanden sind. Es wurden Systemstromspeicherungskosten ermittelt, die einer möglichen zukünftigen Entwicklung in der Wasserstofftechnologie entsprechen. Sie werden in erheblichem Maße durch die getroffenen Annahmen bestimmt, wobei diesen Annahmen ausschließlich sowohl in technologischer als auch ökonomischer Hinsicht absehbare Entwicklungen zugrunde gelegt wurden. Bei den für die Zukunft prognostizierten Fällen belaufen sich die Speicherungskosten für den Spitzenleistungsfall auf 0,09 €/kWh. Demgegenüber belaufen sich die Speicherungskosten für den Dauerleistungsfall im Zukunftsmodell auf 0,06 €/kWh und liegen damit am unteren Ende der Preisskala. Insgesamt ergibt sich eine Spanne von 0,03 €/kWh. Diese Differenz ist zukünftig wie auch beim gegenwärtigen Stand der Technik auf die zunehmend ansteigende Auslastung des Elektrolyseurs zurückzuführen.

Ergänzend wurden mittels mehreren Sensitivitätsanalysen die für die Preisbildung maßgeblichen Größen ermittelt. Wie aus den blauen Säulen ersichtlich (s. Abb. 3), liegt nach heutigem Stand der Technik der größte Anteil der Kosten zur Stromspeicherung im Wasserstoffspeichersystem (bis zu 90 %) beim Elektrolyseur. In der Zukunft sinkt dieser Anteil. Der zweitgrößte Kostenverursacher ist der in gelb eingezeichnete Anteil des GuD-Kraftwerks mit etwa 9 % des Gesamtpreises heute und einer Erhöhung auf etwa 42 % in der Zukunft, während die in braun eingezeichnete Kaverne sowohl heute als auch in der prognostizierten Zukunft mit weniger als 1 % einen verschwindend geringen Anteil an der Kostenbildung hat. Durch die Reduzierung der Erdgasbeimischrate und eine Erhöhung des Wirkungsgrades sinken auch die absoluten Kosten für Gas- und Dampfturbinenkraftwerke, wohingegen der relative Anteil der GuD-Anlage an den Speicherungskosten in der Zukunft steigt.

Die Sensitivitätsanalyse hat gezeigt, dass diejenigen Technologien (z. B. die Elektrolyse), die noch über hohe technische und wirtschaftliche Entwicklungspotenziale verfügen, den höchsten Einfluss auf die Bildung der Stromspeicherungskosten haben. Die für die Zukunft errechnete Kostensenkung von 0,53 €/kWh auf 0,09 €/kWh (z. B. für Fall 1) ist hauptsächlich auf eine Erhöhung des Wirkungsgrades sowie eine Senkung der Investitionskosten bei der Elektrolyseanlage zurückzuführen. Eine Senkung der Elektrolysekosten hat einen entscheidenden Einfluss auf die Speicherungskosten und damit auf eine mögliche wirtschaftliche Realisierbarkeit des gesamten Wasserstoffspeichersystems.

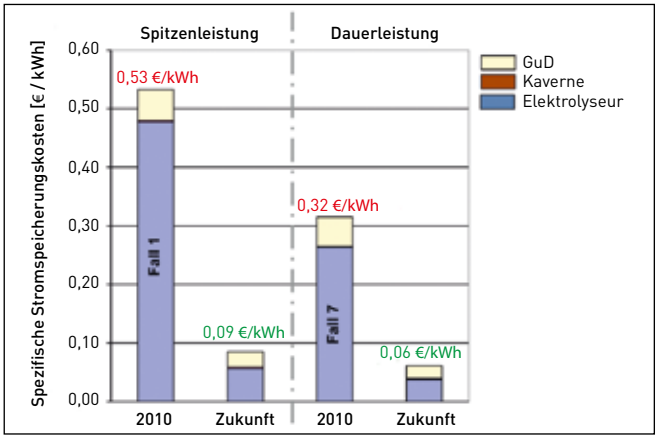


Abb. 3: Stromspeicherungskosten

FAZIT Der Vergleich der großtechnischen Stromspeichertechnologien (s. Abb. 1) zeigte die sehr hohen Unterschiede in der erreichbaren Speicherdichte. Auch wenn die Kosten des Wasserstoffspeichersystems vergleichsweise hoch ausfallen und der Gesamtsystemwirkungsgrad eher gering ist, zeigt sich doch, dass diese Technologie die einzige der nach heutigem Stand der Technik verfügbaren großtechnischen Speichertechnologien ist, deren Speicherkapazität den Anforderungen für eine saisonale Speicherung elektrischer Energie im großtechnischen Maßstab entspricht. Zur kostendeckenden Realisierung solcher Wasserstoffspeichersysteme ist ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand dringend erforderlich. Durch deren Einsatz im vorhandenen Energieversorgungssystem wird eine Verstetigung der Windeinspeisung erreicht und die Windkraft im großen Maßstab netzfähig gemacht. ||

KOMPONENTE	CHARAKTERISTIKA
Windpark	Installierte Leistung: 10 GW_{el} ; 41.420 GWh Windenergie pro Jahr; 4.142 Volllaststunden pro Jahr
Elektrolyseanlage: Druckelektrolyseur Verdichterverbundsystem	Anschlussleistung pro Modul: 4 MW_{el}, Betriebsdruck: 32 bar; Betriebstemperatur 70 °C; spezifischer Energieverbrauch 5 kW_{el}/Nm^3; Betriebsdruck 180 bar; Wirkungsgrad 85%
Salzkavernenpark	Gesamtvolumen pro Kaverne: 1. Mio. m^3; Arbeitsvolumen einer Kaverne: 667.000 m^3; maximaler Betriebsdruck 180 bar; minimaler Betriebsdruck 60 bar; Wirkungsgrad 98%
Gas- und Dampfturbinenkraftwerk	Blockleistung: 300 – 800 MW_{el}; 3.000 Volllaststunden pro Jahr; Wirkungsgrad 54%, 20%ige Erdgasbeimischung; Brennwert des Erdgases: 8,5 kWh/Nm^3

Tab. 1: Übersicht über Systemkomponenten

Die aus der Ukraine stammende Autorin erhielt für diese Studie im Mai 2011 den Innovationspreis des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes e. V. (DWV) in der Rubrik „beste Diplomarbeit". Sie arbeitet jetzt für die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH in Ottobrunn.

Literatur:

Raksha, T.; Untersuchung von Wasserstoffsystemen zur großtechnischen Speicherung elektrischer Energie, TU München, 2010

Autorin:

Dipl.-Ing. Tetyana Raksha
→ Tetyana.Raksha@lbst.de

SECHS NEUE TECHNOLOGIE-ZENTREN

Der Hype um das Thema Elektromobilität, der jetzt schon zwei Jahre andauert, sowie die Förderpolitik der Bundesregierung haben dazu geführt, dass zahlreiche Institute ihre Forschungsaktivitäten im Elektromobilitätssektor intensivieren. Drei neue Elektromobilitätszentren haben bereits ihre Arbeit aufgenommen: Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) eröffnete in Ulm am 15. September 2011 das Labor für Batterietechnologie *eLab*. In dem dreigeschossigen Gebäude (6.600 m²) sollen neue Produktionstechnologien für Lithium-Akkus erforscht und Sicherheits- sowie Lebensdauertests durchgeführt werden. Insgesamt 27 Mio. Euro werden dafür ausgegeben. Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer sagte anlässlich der Eröffnung: „Mit dieser Investition stärken wir unsere nationale Kompetenz in Sachen Batterietechnologie erheblich."

Gleich am nächsten Tag folgte die Einweihung des Fraunhofer Testzentrums für intelligente Netze und Elektromobilität *IWES-SysTec*, das für insgesamt 9,5 Mio. Euro mit Mitteln aus dem Konjunkturpaket II in Fuldatal-Rothwesten gebaut wurde. Das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) will dort unter anderem Komponenten für die Elektromobilität entwickeln und testen. Institutsleiter Prof. Dr. Jürgen Schmid sagte: „Mit dieser Einrichtung hat das Kasseler IWES seine europaweit einzigartige Stellung als Forschungs- und Entwicklungszentrum zur Integration der erneuerbaren Energien in Versorgungsnetze weiter ausgebaut." Nur wenige Tage später, am 24. September, schlossen sich in Karlsruhe die Feierlichkeiten zur Eröffnung des *eMobilitätszentrums* an. 15 Partnerunternehmen präsentieren in dem am Ostring gelegenen Kompetenz-, Ausstellungs- und Testzentrum neueste Produkte und Technologien rund ums Thema Elektromobilität.

Etwas weiter im Norden, in Dortmund, wird derzeit noch gebaut, und zwar am *TechnologieParkDortmund*. Unter Federführung der Technischen Universität Dortmund sollen bis 2014 Fördergelder in Höhe von 7,2 Mio. Euro investiert werden, um ein Kompetenz- und Innovationszentrum für Elektromobilitätsinfrastruktur und Netze zu entwickeln und aufzubauen. Als Fünftes wird Bad Neustadt ein Technologiezentrum erhalten. Das bayerische Wissenschaftsministerium gab im August sein Okay für das auf fünf Jahre angelegte 4,5-Mio.-Euro-Förderprojekt. Die Leitung übernimmt zunächst kommissarisch Prof. Bernhard Arndt, bis ein Stiftungsprofessor gefunden worden ist.

Der Sechste im Bunde ist der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, der im September in Offenbach die Bauarbeiten des bundesweit ersten Batterie- und Umwelt-Testzentrums startete. Der VDE plant ein 2.500 Quadratmeter großes Labor, in dem nahezu alle Batterien getestet werden können. Anfang 2012 soll es seinen Betrieb aufnehmen. „Mit dem Labor erweitert der VDE sein Dienstleistungsspektrum im Bereich Elektromobilität und untermauert seine Expertise in dieser für Deutschland so wichtigen Zukunftstechnologie", sagte Vorstands-Chef Dr. Hans Heinz Zimmer. ||

MCC-FACHFORUM

Frankfurter Allgemeine
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

EnergieSpeicher 2011

- ACHILLESFERSE DES ENERGIEWANDELS? -

DIGITAL ENGINEERING

HZwei DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

VIRTUAL REALITY

17. und 18. November 2011 in Köln

→ Erfolgreiche Geschäftsmodelle mit stationären und mobilen Batteriespeichern

→ Speicherbedarf im Energie-System der Zukunft – Welche Technologie setzt sich durch?
• Druckluftspeicher • Wasserstoff • REDOX-Flow-Batterien • Bleiakkumulator • Natrium-Schwefel-Batterie • Litium-Ionen-Akkumulatoren • Pumpspeicherkraftwerke • Super-Kondensator

→ Speicher für Wind und Sonne: Wie weit reichen Europas Wasserspeicherkapazitäten?

→ Regulierungsbedarf und Auswirkungen auf Stromhandel und -preise

→ Effektive Integration Erneuerbarer Energien durch Speicher, Netzausbau und Smart Technologies

→ Stadtwerke und Regionalversorger: Dezentrale Speichersysteme und Anwendungsmodelle auf dem Prüfstand

Moderation: Dr. Martin Kleimaier, Leiter der Task Force „Energiespeicher" d. VDE (ETG), VDE e.V.

Ihre Referenten(Innen) und Diskussionspartner(Innen): **Dr. Johannes Lambertz,** Vorstandsvorsitzender, RWE Power AG • **Prof. Dr. Wolfram Münch,** Leiter Forschung & Innovation, EnBW Energie Baden-Württemberg AG • **Thomas Schulz,** Mitglied des Vorstands, Entelios AG • **Dr. Oliver Weinmann,** Geschäftsführer, Vattenfall Europe Innovation GmbH • **Annegret-Cl. Agricola,** Bereichsleiterin Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) • **Dr. Ulrich Ehmes,** CEO, Leclanche SA • **Prof. Dr. Oliver Mayer,** Principal Scientist, General Electric Global Research • **Stephan Rieke,** Leiter Vertrieb, Solar Fuel GmbH • **Robert Werner,** Vorstand, Greenpeace Energy eG • **Holger Schuh,** Geschäftsführer, Saft Batterien GmbH • **Werner Diwald,** Vorstand, ENERTRAG AG • **Martha Schreiber,** Geschäftsführung, Cellstrom GmbH • **Dr. Bert Droste-Franke,** Projektkoordinator, Europäische Akademie GmbH • **Dr. Hans-Peter Buchkremer,** Direktor Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK-1), Forschungszentrum Jülich • **Dr. Johannes Huynen,** President, Sogecom Energy Holding BV • **Dr. Klaus Peter Röttgen,** Head of E.ON Innovation Center Energy Storage

Weitere Informationen unter **+49 (0)2421 12177-21** oder **wolfsberger@mcc-seminare.de**
The Communication Company · Scharnhorststraße 67a · 52351 Düren

www.mcc-seminare.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Josef Kallo

BRENNSTOFFZELLE SENKT KEROSINVERBRAUCH

Fazit nach vier Jahren Luftfahrtforschung am DLR

Leise und ohne Emissionen fährt die 48-Tonnen-Maschine über die Rollbahn. Von außen gesehen fallen dem ungeübten Betrachter nur die rote Farbe des Bugfahrwerkes und einige Kabel an der Außenhaut auf. Dem aufmerksamen Beobachter wird vielleicht auffallen, dass sich die Triebwerksschaufeln beider Turbinen nicht drehen, und spätestens dann stellt sich die Frage: Was treibt dieses Flugzeug an? Der Fachmann hat inzwischen herausgefunden, dass die Felge des Bugrades nicht mit dem ursprünglich zugelassenen Stück übereinstimmt und dass der Grund für die geräuschlose Antriebsquelle damit zusammenhängen muss. Und in der Tat, es handelt sich um das A320 Versuchsflugzeug (D-ATRA: Advanced Technology Research Aircraft) des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt, das von einer Wasserstoff-Brennstoffzelle elektrisch angetrieben auf dem Taxi Way des Flughafens Hamburg Finkenwerder rollt.

Dieser Versuch, der am 1. Juli 2011 stattgefunden hat, ist der erfolgreiche Abschluss einer langjährigen internationalen Zusammenarbeit des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) unter der Federführung des Instituts für Technische Thermodynamik aus Stuttgart mit der Airbus Deutschland, der Airbus France, Airbus UK und der Lufthansa Technik (LHT) und basiert auf den Aktivitäten des Luftfahrtforschungsprogramms *(Lufo IV)*.

DREI TEILPROJEKTE Dieses im Jahre 2007 vom Bundeswirtschaftsministerium initiierte Programm hatte drei wesentliche Ziele: Das erste Ziel, bei dem eine aus der Luftfahrtindustrie stammende Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle zusammen mit der Firma Airbus in das Versuchsflugzeug des DLR eingebaut und betrieben wurde, wurde im Jahr 2008 erreicht. Hierbei konnte der Nachweis erbracht werden, dass ein Brennstoffzellen-Notfallenergiesystem alle Flug-Steuerungsfunktionen eines A320 in einer Höhe von 33.000 Fuß übernehmen und unter starken Beschleunigungs- und Vibrationsbelastungen zuverlässig arbeiten kann.

Das zweite Ziel bestand in dem Aufbau eines so genannten „multifunktionalen Brennstoffzellensystems“, das neben elektrischer Energie sowohl Wasser- als auch Sauerstoff-abgereichertes Gas produzieren kann. Das dritte Ziel bestand in dem Aufbau eines Hochdrehmoment-Antriebes, der zusammen mit einem luftatmenden modularen Brennstoffzellensystem eine emissionslose Antriebsvariante des Flugzeuges am Boden darstellen sollte.

STANDARDISIERTE TEST-PLATTFORM Das Hauptaugenmerk innerhalb des Forschungsprogramms lag auf dem Aufbau eines neuen Brennstoffzellensystems, das einen Funktionalitätsnachweis unter Luftfahrtbedingungen, die so nah wie möglich an den entsprechenden Luftfahrtnormen angelehnt sein sollten, erbringen konnte. Bei der Wahl des Brennstoffzellensystems kam bedingt durch die Leistungsanforderungen, das maximale Leistungsgewicht und die Technologiereife nur eine Niedertemperatur-PEM (NT-PEM) in Frage. Wegen der Verfügbarkeit und des guten Preis-Leistungs-Verhältnisses wurde auf bestehende Subkomponenten der Firma Hydrogenics (Stack, Anoden-Rezirkulationspumpe und Lüfter) zurückgegriffen. Als Unterbau für die Brennstoffzelleneinheit wurde eine luftfahrttaugliche Palette verwendet, die üblicherweise Last-Container aufnimmt. Zusammen mit dem Cargo Loading System im hinteren Cargo-Bereich des Flugzeuges entstand so eine sehr schnell ins Flugzeug einzubauende, standardisierte Plattform.

Der Plattformgedanke zog sich weiter durch das gesamte Architekturkonzept, so dass der erste Aufbau zur Test-Technologieplattform erweitert wurde. Dabei waren nicht die volumetrischen Leistungszahlen ausschlaggebend, sondern die durch die Luftfahrtnormen vorgegebenen Rahmenbedingungen für Festigkeit, Vibration, Beschleunigung, Material, Wasserstoffsicherheit und Elektrik. Die Plattform erleichterte wesentlich die FEM-Berechnungen der gesamten mechanischen Struktur nach dem Design-Freeze. Darüber hinaus bietet der Plattformgedanke die Möglichkeit, einzelne Komponenten sehr schnell auszutauschen und die Änderungsnachverfolgung zu vereinfachen, wenn sich die geforderten Spezifikationen in der Praxis nicht ausreichend bewähren konnten. Ein weiterer Vorteil des Plattformkonzeptes ist die Klassifizierung und Einteilung der wasserstoffführenden Komponenten nach Druck (Niederdruck bis 7 bar, Hochdruck bis 350 bar) und Gefährdungsklassen. Für jeden Bereich konnten so einzelne Maßnahmen zur Maximierung der Betriebssicherheit erarbeitet werden, bis hin zu der Neuentwicklung ausschließlich Hardware-basierter, vierfach redundanter Wasserstoffsensoren mit der Möglichkeit zur Nachkalibrierung.

WASSERSTOFFSPEICHERSYSTEM Der auf der Plattform verwendete Wasserstoffspeicher verfügt über eine Aufnahmekapazität von rund zwei Kilogramm bei 350 bar. Er gewährleistet eine Testdauer ohne Betankung für etwa 3,5 Stunden, was sich für den Testbetrieb als vollkommen ausreichend herausstellte. Der Dauerbetrieb und die Betankungsprozedur wurden über eine TK16H2-Kupplung bewerkstelligt. Vor dem Einbau wurde das Wasserstoffspeichersubsystem, bestehend aus Druckbehälter, Intaktventil, redundantem Hochdrucksicherheitsventil, Druckminderer, Niederdruckventil und Drucksensoren nach Luftfahrtnormen (DO160E) für Vibrationen, getestet. Erst nach materialtechnischer, nicht destruktiver Untersuchung und positiver Freigabe wurden die Komponenten für den Einbau freigegeben.

MULTIFUNKTIONALES BRENNSTOFFZELLENSYSTEM Die Inbetriebnahme und die Leistungsoptimierung des Brennstoffzellensystems gestaltete sich anfänglich sehr zeitintensiv, da alleine die serielle Sicherheits-/Abschaltkette etwa 30 direkt angesteuerte Relais und über 30 Software-Parameter beinhaltete. Zu dem Sicherheitskonzept gehörten neben einer Gefährdungspotentialanalyse auch eine Komponenten-FMEA/FTA (Fehler-Möglichkeits- und Einflussanalyse) und eine auf der einzelnen Komponente berechnete Ausfallwahrscheinlichkeit. Das Sicherheitskonzept für den Betrieb wurde in drei Klassen aufgeteilt: Fehlerlog und -visualisierung, Standby- und Not-Abschaltung. Darauf basierend wurden sowohl Klimabelastungstests mit Dauerbetrieb bei Außentemperaturen von +1 °C bis +50 °C als auch Schock- und Beschleunigungstests bis zu 16 g unter Last erfolgreich durchgeführt. Insgesamt wurden Erfahrungen über mehrere hundert Stunden Betrieb und mehrere hundert Start-Stopp-Vorgänge gesammelt. Das System erwies sich als robust und zuverlässig.

Bei der Auslegung der Brennstoffzellensystemarchitektur wurden nicht nur Luftfahrtnormen eingehalten, es konnte zudem der Ansatz der Multifunktionalität erreicht werden. Die Brennstoffzelle liefert somit nicht nur Strom, sie liefert auch sauberes Wasser und Inertisierungsgas. So wurden im Betrieb bis zu 0,5 Kilogramm Wasser pro erzeugter Kilowattstunde produziert. Dieses Wasser muss somit nicht vorm Start an Bord genommen werden und mindert so das Startgewicht. Das sorgt für eine positive gravimetrische Bilanz. Mit einem zusätzlichen Trocknungssubsystem konnte im Laborstadium aus dem Kathodenabgas, das zusätzlich als Inertisierungsgas (O_2-Konzentration < 11 %) verwendet werden kann, ein hoher Prozentsatz des Wassers extrahiert werden, so dass die Grenzwerte von 2 g H_2O pro Kilogramm Kathodenabgas unterboten werden konnten.

BZ-BUGRAD ERBRINGT EINSPARUNGEN Bei der Auslegung des Bugradantriebes spielte nicht im ersten Rang die Leistung eine Rolle, sondern die Kraftentfaltung der Motoren mittels des Drehmomentes. Die Herausforderung lag in der Konstruktion und Implementierung des elektromagnetischen Kraftpaketes in die Bauvolumina einer Bugradfelge für eine A320. Der zweite wichtige Punkt bestand in der Synchronisation der Motoren und der Anti-Schlupfregelung (ASR), die verhindern sollte, dass bei der Anfahrt weder die Räder auf dem Boden noch die Felge in den Gummirädern durchdrehte. Die maximal auftretenden Momente wurden mit rund 11.000 Nm berechnet. In der Praxis zeigte sich jedoch, dass ein Drehmoment von rund 7.000 Nm ausreichend ist, um das Losreißmoment zu überwinden und das Flugzeug in Bewegung zu setzen. Da ein Elektromotor drehrichtungsunabhängig ist, lassen sich damit sowohl die Bodenbewegungen nach der Landung als auch die Rückwärtsfahrten beim Abdocken und das Anfahren zur Startpiste realisieren.

Am Beispiel des Frankfurter Flughafens lassen sich so etwa 18 bis 20 Minuten Triebwerkszeit pro Start/Landevorgang sparen (die notwendigen Abkühlungszeiten und Aufwärmzeiten von bis zu 4 Minuten sind nicht inbegriffen). Das kann bei bis zu sieben Einsätzen pro Tag für ein Flugzeug der A320-Klasse eine Triebwerkszeiteinsparung pro Flugzeug und Tag von bis zu 3,5 Stunden bedeuten. Aufs Jahr hochgerechnet summiert sich die Einsparung auf etwa 800 bis 1.000 Stunden. In Kraftstoffmengen ausgedrückt ergeben sich ebenfalls erhebliche Einsparungen: Aus rund 330 Bewegungen der A320-Klasse in Frankfurt (FRA) resultieren pro Tag Einsparungen von insgesamt etwa 44 Tonnen Kerosin. Würden von dieser Flugzeugklasse nur Flughäfen mit den Dimensionen und Belegungszeiten ähnlich FRA angesteuert, wären theoretisch Einsparungen bis zu 900 kg (1.100 Liter) Kerosin pro Tag und Flugzeug möglich.

Multifunktionale Brennstoffzelle auf Test-Plattform [Fotos: DLR]

Die Frage, woher der Wasserstoff für den Betrieb der Brennstoffzelle als APU-Ersatz und somit auch als Energiequelle für den Bugradantrieb kommt, ist gegenwärtig in Bearbeitung. Mit einem Konzept aus einem Flüssigwasserstofftank, der außerhalb des Flugzeugdruckbehälters im hinteren Bereich untergebracht ist, lassen sich heute schon Betankungszeiten von weniger als einmal pro Tag realisieren. Aufgrund der regelmäßigen und sehr guten Planbarkeit des Einsatzes erscheint diese Speicherform erstrebenswert. Es bleibt zu hoffen, dass das altbekannte Henne-Ei-Problem der Wasserstoffwirtschaft „keine Tankstelle – kein Verbraucher – kein Bedarf – keine Tankstelle“ an den Flughäfen vielleicht schneller durchbrochen werden kann, als es für den Straßenverkehr der Fall ist. ||

BETEILIGTE PARTNER

Die sowohl forschungslastige als auch technologische Ausrichtung des DLR spielte bei der nachfolgenden Qualifizierung des gesamten Systems für den Betrieb in einem Flugzeug eine wichtige Rolle. So wurden die Anforderungen und die Dokumentation der Einbaunachweise am Institut für Flugsystemtechnik in Zusammenarbeit mit den Luftfahrt-Entwicklungsbetrieben des DLR, Airbus und LHT ausgearbeitet. Die Einsparkonzepte basieren auf Arbeiten des Instituts für Flugführung. Die Versuchsbetreuung wurde von dem Institut für Flugexperimente und dem ATRA-Management vorgenommen. Die durchgeführten Arbeiten fließen somit in die weiteren Entwicklungsarbeiten des DLR für den Ersatz der Auxiliary Power Unit (APU) durch ein Brennstoffzellensystem. Für die Realisierung des elektrischen Bugradkonzeptes wurde auf das Institut für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart und einige Ingenieursdienstleister wie zum Beispiel die Firma Codtronic zurückgegriffen.

Autor:

Dr. Josef Kallo
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart
→ Josef.Kallo@dlr.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Marco Santis

DIE BRENNSTOFFZELLE IST AM ZUG

Mobile Minibar versorgt Schweizer mit italienischem Kaffee

[Quelle: CEKAtec]

Braune Suppe aus der Thermoskanne, auch genannt „Kaffee“, müssen Reisende in der Schweiz nicht erdulden. In den Zügen der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) genießen die Passagiere den Vorteil, dass Kaffee in einer Qualität serviert wird, wie man sie sonst nur aus den besseren Restaurants kennt: frischer italienischer Kaffee, der direkt am Platz gebrüht wird. Die SBB setzt in der Bahngastronomie so genannte *mobile Minibars* ein. Diese sind – wie auch in anderen Ländern – mit Backwaren, Sandwichs und Snacks bestückt und verfügen zusätzlich über einen Kapsel-Kaffeevollautomat, mit dem man vor Ort drei Kaffeesorten servieren kann: Espresso, doppelten Espresso und normalen Kaffee. Zur elektrischen Versorgung dieser mobilen Maschinen wurden bisher standardmäßig Batterien eingesetzt. Um den Service noch weiter zu verbessern, werden jetzt BZ-Systeme erprobt.

Der gute Service in den schweizerischen Zügen hat dazu geführt, dass sich die Passagiere daran gewöhnt haben und vor allem in der Früh immer mit einem frischen Kaffee rechnen. Umso ärgerlicher ist es, wenn dieser Service nicht lückenlos gewährleistet werden kann aufgrund von technischen Grenzen, welche durch die Batterien gesetzt sind. Ein Worst-Case-Szenario ist eine leere oder defekte Batterie in der Rush hour, wenn etwa 80 % des Tagesumsatzes gemacht werden. Das sorgt für rote Köpfe bei den Passagieren und ist frustrierend für die Minibar-Stewards. Das Wechseln der Batterien ist recht umständlich und zeitintensiv, da die Stromspeicher im Bodenbereich der Minibar untergebracht sind und stolze 20 kg wiegen.

INSPIRIERT DURCH ZEITSCHRIFTENBERICHT Auf der Suche nach alternativen Technologien zur Verlängerung der Betriebsdauer hatte der Leiter der Minibar-Flotte einen Artikel in einer Fachzeitschrift gelesen, in dem über die Vorteile der Brennstoffzellentechnik gegenüber Batterien und Generatoren berichtet wurde. Stichworte wie „lange Betriebsdauer“, „Emissionsfreiheit“ und insbesondere „keine Totzeiten“ bedingt durch langwierige Aufladungen überzeugten ihn, diese Möglichkeit näher zu verfolgen. Prompt nahm er Kontakt mit den Verfassern des Artikels auf und kam so an die CEKAtec AG und die Berner Fachhochschule für Technik und Informatik (BFH-TI Biel).

Die schweizerische Firma aus Wattwil hatte im Rahmen eines vom Bund geförderten Projekts die Brennstoffzellentechnik zusammen mit der BFH-TI und dem Paul Scherrer Institut (PSI) in den Jahren 2005 bis 2008 zur Marktreife entwickelt. Das Ergebnis war ein luftgekühlter PEM-Stack mit einer Leistung von 200 bis 1.200 Watt: die *IHPoS-SA*-Brennstoffzelle (Independent Hydrogen Power Systems, s. Abb. 2). Im Jahr 2007 wurde die IHPoS-SA mit dem *Swiss Technologie Award* für die im Produkt realisierten Innovationen ausgezeichnet. Dies betraf insbesondere die selbstregulierende interne Befeuchtung der Prozessgase und die einfache Zellkühlung mittels Luft sowie weitere praktische Innovationen, welche die Produktions-, Montage- und Wartungskosten massiv reduzieren können.

Der nächste Schritt auf der Roadmap war die Industrialisierung der Prototypensysteme der Schweizer Hochschulen. Die zentralen Fragen bei der Planung des Industrialisierungsprojekts waren, was für ein System als erstes entwickelt und in welche Applikation es eingesetzt werden sollte. Genau zu

Abb. 2: Der IHPoS-Stack [Quelle: CEKAtec]

Abb. 3: Getränkeautomat von der WHEC2010 in Essen [Quelle: ECG]

diesem Zeitpunkt kam die Anfrage aus dem Catering-Bereich der Bahn.

AMORTISATION NACH 18 MONATEN Nach einer ersten Betrachtung des Problemfalls war die technische Machbarkeit für die Ingenieure von Anfang an klar. Es war jedoch zu analysieren, ob die Brennstoffzellenlösung gegenüber der Batterielösung aus wirtschaftlicher Sicht konkurrenzfähig sein könnte. Zum Geschäftsszenario gehörten nicht nur die Anschaffungs- und Unterhaltskosten der Brennstoffzelle, sondern insbesondere die Art der Speicherung und Logistik für die Zulieferung des Wasserstoffs für den Kunden. Die Analyse der Gesamtlösung zeigte einen Einsparungseffekt bereits nach 18 Monaten.

Das war die Geburtsstunde des Projekts *IHPoS-E*. Dieses Vorhaben hatte zum Ziel, ein modulares Brennstoffzellensystem für eine Leistung zwischen 200 Watt und einem Kilowatt zu entwickeln. Zur Demonstration der Alltagstauglichkeit des Systems bot sich die Anwendung in der Minibar perfekt an. Somit wurde unter Federführung der CEKAtec AG eine Gesamtbrennstoffzellenlösung (System, Speicherung und Logistik) für die Minibar-Anwendung konzipiert.

Die Entwicklung und Industrialisierung des modularen Brennstoffzellensystems wurde in Zusammenarbeit mit der BFH-TI, dem PSI und der Serto AG durchgeführt. Die Wasserstoffspeicherung und Logistik wurden zusammen mit der Eidgenössischen Material und Prüfungsanstalt (EMPA) und der PanGas AG, einer Tochterfirma der Linde Gruppe, entwickelt und geplant. Mitfinanziert wurde das Projekt vom Bund durch die Kommission für Technik und Innovation (KTI) und das Bundesamt für Energie (BFE).

TECHNISCH UND WIRTSCHAFTLICH REALISIERBAR Die IHPoS-E-Erprobungsphase wurde im Mai 2011 erfolgreich abgeschlossen und konnte die Vorteile der Brennstoffzellentechnologie gegenüber den Batterien aufzeigen: Die Problematik der leeren oder defekten Batterien konnte eliminiert werden. Wenn der Wasserstoffspeicher leer ist, kann der Minibar-Steward innerhalb von einigen Sekunden auf einen zweiten Speicher wechseln. Dieser Wechselvorgang benötigte bei den Batterien mehrere Minuten, was während der Rushhour einer Ewigkeit gleichkam. Die Sorgen, dass die Batterien nicht ausreichend Energie für mehr als nur die Kaffeemaschine zur Verfügung stellen könnten, konnte durch das IHPoS-E ebenfalls gelöst werden, da die Energiemenge durch die Größe beziehungsweise die Anzahl der Speicher leicht zu handhaben ist. Die Rentabilitätsschwelle kann noch früher als erwartet erreicht werden, denn die Anschaffung von mehr Batterien ist kostenintensiver als entsprechend mehr Wasserstoffspeicher zur Verfügung zu stellen. Zur Speicherung des Wasserstoffs stehen dem Kunden wahlweise Metallhydridspeicher oder Druckgasflaschen mit einem integrierten Druckregler inklusive Schnellkupplung zur Verfügung. Die Energiemenge, welche in der Minibar mitgeführt wird, kann somit bis zu drei volle Arbeitstage ausreichen. Durch diese Flexibilität öffnen sich neue Möglichkeiten zu Gunsten anderer mobiler Verbraucher wie zum Beispiel einer HotDog-Maschine, eines Kühlschranks oder eines Getränkeautomaten.

Die Modularität des IHPoS-E-Systems wurde anhand von drei Systemtypen mit Nennleistungen von 300 W, 500 W und 1 kW demonstriert. Die Zertifizierung des 500-W-Systems durch TÜV SÜD ist im Gange und wird im Frühling 2012 abgeschlossen sein. In der Zwischenzeit ist die Firma CEKAtec an weiteren Applikationen für ihr IHPoS-E-System im Bereich bis zu 1 kW interessiert und auf der Suche nach neuen Anwendern. ||

Autor:

Dr. Marco Santis
CEKAtec AG, Wattwil
→ marco.santis@ceka.ch

BRENNSTOFFZELLEN-KENNDATEN
Bezeichnung: IHPoS-E500
Nennleistung: 500 Watt
Spitzenleistung: 1.200 Watt (für 20 min.)
Nennspannung: 24 Volt
Schalldruckpegel in 1 m Abstand: ← 40 dB(A)
Gewicht: 25 kg
Abmessungen (LxBxH): 60x30x25 cm
Volumen: 45 l
Brennstoff: reiner Wasserstoff

Thema: Forschung | **Autor:** Sven Geitmann

EIN „WUNDERMITTEL“ IN ERFORSCHUNG

Viel Aufregung um Carbazol

Seit Juni 2011 kursieren Meldungen über den „neuen Wundersprit“ *Carbazol* durch die Medien (s. HZwei-Heft Juli 2011). Vielfach wird diese Chemikalie als „Kraftstoff der Zukunft“ gefeiert. Etliche Vertreter der Automobilbranche bescheinigen ihr hingegen im Mobilitätssektor keine besonders großen Potentiale. Tatsächlich gibt es Vor- und Nachteile, die für und auch gegen den Einsatz im Fahrzeugbereich sprechen. Wunder bewirken kann Carbazol aber mit Sicherheit nicht. Jedenfalls nicht hier und heute, denn aktuell befindet sich dieser Stoff noch in der Grundlagenforschung.

Carbazol ist sowohl eine eigenständige chemische Substanz als auch die Kurzform von dem Carbazol-Derivat *N-Ethyl-Carbazol* mit der chemischen Summenformel $C_{14}H_{13}N$ (hier wird ausschließlich die Kurzform verwendet). Die heterocyclische chemische Verbindung, die früher auch *Dibenzopyrrol* genannt wurde, kommt beispielsweise in Steinkohlenteer und Erdöl vor. Derartige flüssige, organische Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) zeichnen sich dadurch aus, dass sie innerhalb eines Kreisprozesses mit nennenswerten Mengen an Wasserstoff be- und entladen werden können.

Carbazol kann durch chemische Reaktion und mit Hilfe eines speziellen Katalysators Wasserstoff speichern und – ohne, dass es dabei verbraucht wird – diesen dann wieder mit Hilfe weiterer Katalysatoren freisetzen. Anschließend kann der Wasserstoff beispielsweise in einer Brennstoffzelle oder einem H_2-Verbrennungsmotor verbrannt werden. Carbazol kann immer wieder neu beladen werden. Die chemische Verbindung ist demnach nichts anderes als ein temporärer H_2-Speicher. Dies erkannte als erstes das Gaseunternehmen Air Products, das 2004 ein entsprechendes Patent anmeldete und dabei auch den Stoff *Carbazol* erwähnte.

Die Vision beim Einsatz dieses neuen „Wundermittels“, wie es Staatssekretär Rainer Bomba bezeichnete, ist, dass es mit Wasserstoff angereichert (5,8 Gew.-%) als *Perhydro-N-Ethylcarbazol* in den Autotank kommt. Für die Beladung mit Wasserstoff, die Hydrierung, sind Temperaturen von 130 bis 160 °C bei 70 bar sowie die Anwesenheit eines Katalysators (z. B. Ruthenium auf Aluminiumoxid) erforderlich. Für die Umkehrung, die Dehydrierung, sind dann 200 bis 230 °C bei annähernd Umgebungsdruck sowie Platin oder Palladium als Katalysator notwendig. Der Wasserstoff wird dann unter Wärmezufuhr (endotherm) wieder freigesetzt. Übrig bliebe wasserstoffarmes Carbazol, das an der Tankstelle aus dem Auto abgepumpt werden kann. Anschließend könnte wieder neues, mit Wasserstoff angereichertes Perhydro-N-Ethylcarbazol getankt werden. Die Chemikalie könnte somit wie ein konventioneller Kraftstoff gehandhabt werden. Außerdem wären dadurch zukünftig keine hohen Drücke für GH_2-Druckgasflaschen notwendig und auch keine tiefen Temperaturen für LH_2-Kryogenspeicher.

NOCH ZEHN JAHRE Derzeit befindet sich diese Technologie allerdings noch in den Anfängen. Im Rahmen von Grundlagenforschungen prüfen die Professoren Wolfgang Arlt und Peter Wasserscheid in ihren Labors mit der fünfköpfigen ‚Arbeitsgruppe Energie‘ seit etwa einem Jahr, wie schnell wie viel

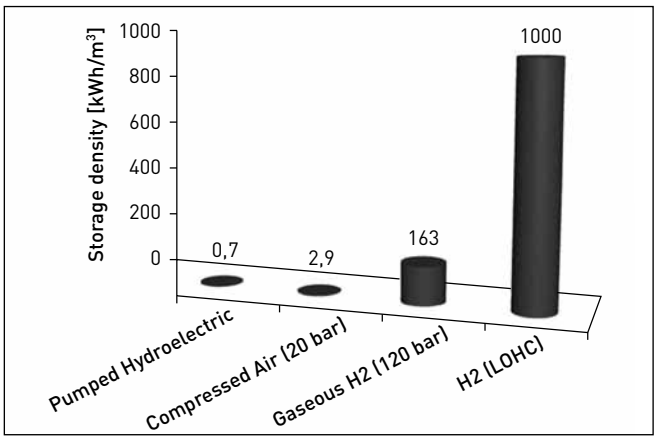


Abb. 1: Speicherdichten verschiedener Stromspeichertechniken unter Berücksichtigung der Erzeugungsverluste

Wasserstoff freigesetzt werden kann. Die Umwandlungsrate ist noch lange nicht konkurrenzfähig, weshalb das Katalysatormaterial noch näher untersucht werden muss. Darüber hinaus versucht das Team aus Erlangen herauszubekommen, wie viel Energie notwendig ist, um den Wasserstoff freizusetzen. Derzeit sind Temperaturen von über 200 notwendig. Dieser Umstand ist für die Kritiker dieses Stoffes ein ernstzunehmendes Problem, für Prof. Arlt ist dies hingegen „ein Sicherheits-Feature“, weil dadurch sichergestellt wäre, dass entweichendes Carbazol nicht schlagartig all den gespeicherten Wasserstoff freisetzt. Ähnlich weit klaffen die Meinungen beim Thema Reinheit auseinander: Die Skeptiker bemängeln, dass die nachgeschaltete Brennstoffzelle eventuell in Mitleidenschaft gezogen werden könnte, wenn die Mindestanforderungen an die H_2-Reinheit nicht eingehalten werden. Arlt hingegen geht hier ganz pragmatisch heran und will zunächst mal „herausfinden, welche Substanz die Unreinheit bedingt. Dann muss man nachdenken, wie man diese Unreinheit beheben kann. Dafür bin ich der bayerische Experte.“

Hinsichtlich der Energiedichte gibt es ebenfalls unterschiedliche Betrachtungsweisen: Carbazol benötigt beim Einsatz in Pkw doppelt so viel Volumen wie Super-Benzin, aber dafür sind in einem Kubikmeter Carbazol mit 58 kg H_2 fast 50 % mehr Wasserstoff enthalten als in einem 700-bar-Druckbehälter gleichen Innenvolumens (knapp 40 kg H_2). Prof. Arlt formuliert diesen Sachverhalt so: „Aus einem Liter ‚Carbazol‘ werden mehr als 600 Liter Wasserstoff bei 1 bar freigesetzt.“

Weiterhin legt Arlt dar, dass auch die Langzeitspeicherung derartiger organischer H_2-Träger (LOHC) ähnlich einfach ist wie die von fossilen Flüssigkraftstoffen und damit sehr viel einfacher als die von reinem Wasserstoff (s. Abb. 1). Hinzu kommt, dass die Distribution von LOHC mit gängigen Tanklastzügen beziehungsweise Pipelines einfacher zu realisieren ist als der Aufbau einer gänzlich neuen H_2-Infrastruktur. Die gravimetrische und auch die volumetrische Energiedichte von LOHC liegen demnach ähnlich hoch wie die von flüssigem Wasserstoff (LH_2): Für eine Reichweite von 500 km sind 5 kg H_2 notwenig. Die dafür benötigten 100 l N-Ethyl-Carbazol können zudem bei Umgebungstemperaturen in einem konventionellen Kraftstofftank gespeichert werden.

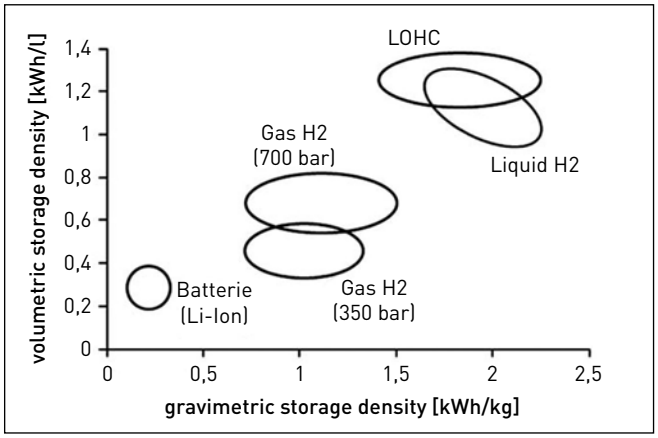


Abb. 2: Energiedichten von H_2-Speichersystemen für Pkw-Sektor [Quellen: Energy & Environmental Science]

Allerdings muss zusätzlich zum energiereichen Trägermaterial auch das dehydrierte Material noch den Rest der Fahrt aufbewahrt werden, bis es an der Tankstelle abgepumpt wird. Um es in der Zwischenzeit platzsparend im Fahrzeug lagern zu können, wäre ein Tanksystem mit zwei Kammern denkbar, die durch eine verschiebbare Zwischenwand getrennt sind.

Um dies alles intensiver erforschen zu können, hat Arlt im Mai 2011 Fördergelder in Höhe von 400.000 Euro beim Bundesverkehrsministerium beantragt. Sollten diese bewilligt werden, könnte vielleicht in zehn Jahren an eine Realisierung seiner Visionen gedacht werden. Arlt hält dabei jedoch nicht sklavisch an Carbazol fest. Der Erlangener Professor sagt: „Auch andere Chemikalien, mit mindestens der doppelten gespeicherten H_2-Menge, sind für Chemiker denkbar."

SKEPTIK DER AUTOBAUER Für die Automobilhersteller überwiegen indessen die Nachteile bei dieser neuen H_2-Speicherungsvariante. Wie die *Welt* im August 2011 berichtete, räumte eine Daimler-Sprecherin zwar ein: „Wir haben uns eingehend mit den sicherlich interessanten Möglichkeiten für einen Einsatz von Carbazol beschäftigt", und auch bei BMW habe es der Zeitung zufolge geheißen: „Das klingt schon gut." Gleichzeitig gäbe es jedoch „viele, viele Probleme", so dass eine Umsetzung im Pkw-Sektor aus Sicht der Automobilhersteller eher unwahrscheinlich erscheint. BMW-Sprecher Tobias Hahn sagte gegenüber dem *Spiegel:* „Deshalb beobachten und untersuchen wir das Thema sehr genau. Allerdings nur auf Forschungs- und noch lange nicht auf Entwicklungsebene." In der Financial Times Deutschland zeigte Arlt durchaus Verständnis für die skeptische Haltung der Autobauer, weil es natürlich für Unruhe sorge, wenn plötzlich „zwei Forscher kommen und möglicherweise alles über den Haufen werfen."

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) betrachtet N-Ethyl-Carbazol ebenfalls äußerst kritisch. Der Verbandsvorstand unterstützt zwar grundsätzlich die Grundlagenforschung auf diesem Gebiet, baut im Pkw-Bereich jedoch ganz auf die Versprechen der Automobilindustrie, dass in drei bis vier Jahren Brennstoffzellenautos mit H_2-Drucktanks serienmäßig hergestellt werden. Hier ist sich Prof. Arlt sicher, dass „es sicher genug Probleme mit der Wasserstofftechnologie insgesamt gibt. Es wird bestimmt weitere sechs Jahre brauchen, diese einigermaßen zu lösen. Genau dann kommt die überlegene Carbazol-Technologie zum Einsatz und die Sache ist rund." ||

DUB DEUTSCHE UNTERNEHMERBÖRSE

Ein Partner von Handelsblatt

25.000 Nachfolger suchen Firma

Der Online-Marktplatz für Unternehmer und Investoren – einfach, sicher und schnell zum Verkaufserfolg.

Effektiv suchen
Per Mausklick Unternehmensangebote sortieren und ansehen – einfacher geht's nicht.

Einfach inserieren
Verkäufer informieren ohne Angabe des Firmennamens über ihr Unternehmen – ein aussagekräftiges Angebot steht in wenigen Minuten online. Komplizierte Beschreibungen und Exposés sind überflüssig.

Viele Käufer
Gemeinsam mit seinen Partnern erreicht DUB.de wöchentlich bis zu 1,2 Millionen potenzielle Interessenten. Aktuell suchen ca. 25.000 Nachfolger bei uns eine Firma.

33% RABATT

Service für „HZwei"-Leser

DUB ZUM SONDERPREIS: Schalten Sie einfach Ihr Drei-Monats-Verkaufsangebot auf DUB.de zum Preis von zwei Monaten. Sie sparen 59 Euro. Es fallen keine weiteren Kosten an.

UND SO GEHT'S: Schreiben Sie eine E-Mail mit dem Betreff „HZwei" an kai.mueller@dub.de oder rufen Sie an unter 040/46 88 32-661. Sie erhalten dann umgehend Ihre Zugangsdaten. So können Sie DUB.de ausprobieren und sparen.

WWW.DUB.DE

Thema: Forschung | **Interviewpartner:** Wolfgang Arlt

DER BAYERISCHE EXPERTE

Interview mit Prof. Wolfgang Arlt von der Universität Erlangen-Nürnberg

„Elektrisches Benzin", „Wundermittel", „Zukunftssprit" – Carbazol hat schon viele Bezeichnungen erhalten, dabei scheint kaum jemand wirklich Näheres über diese Chemikalie zu wissen. Derjenige, der tatsächlich viel darüber weiß, ist Professor Wolfgang Arlt, Leiter des Lehrstuhls für Thermische Verfahrenstechnik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Gründungsleiter sowie Sprecher des Energie Campus Nürnberg (EnCN). Er hat Mitte dieses Jahres Carbazol als Wasserstofflieferant in die Diskussion gebracht und damit – ohne, dass er es wollte – eine Lawine losgetreten. Die HZwei-Redaktion bat daher den „Vater des Carbazols", für etwas Erleuchtung in diesem chemischen Niemandsland zu sorgen.

HZwei: Prof. Arlt, Ihnen haben wir es also zu verdanken, dass seit Wochen Carbazol als Allheilmittel für die Wasserstoffbranche gefeiert wird. Wissen Sie noch, was die Initialzündung für diesen Hype gewesen ist? War es Ihre Veröffentlichung in der Energy & Environmental Science vom Juni 2011?

Arlt: Ich bin nicht der Vater der Carbazol-Technologie, sondern es gibt ein amerikanisches Patent aus dem Jahre 2004, in dem auch Carbazol erwähnt wird. Zudem arbeitete mein Kollege und Freund Prof. Wasserscheid bereits mit einem Großunternehmen an diesem Stoff, ich kam später hinzu. Die erwähnte Veröffentlichung ist deutlich nach der Presselawine erschienen. Ich bin und war überrascht. Es zeigt mir jedoch, dass eigentlich niemand mit den bisherigen Aussichten für Mobilität jenseits des Erdöls zufrieden war. Warum sonst dieses Interesse?

HZwei: Sie forschen gemeinsam mit Prof. Dr. Peter Wasserscheid an diesem Stoff. Wie ist zwischen Ihnen die Aufgabenteilung?

Arlt: Kollege Wasserscheid ist der Chemiker, der sich im Moment gerade damit beschäftigt, die Freisetzung und Aufladung in technisch sinnvollem Rahmen zu realisieren. Ich bin aufgrund meiner Tätigkeit auch als Berater der bayerischen Staatsregierung mit der Problematik der Abschaltung der Kernkraftwerke in Bayern beschäftigt. Man muss die regenerativen Energien grundlastfähig machen, das heißt, auch des Nachts muss es Strom geben. Hier sehe ich Carbazol als Mittel- und Langfristspeicher. Dass man damit auch noch Autos betreiben kann, macht es noch attraktiver, denn in Zukunft wird man nicht mit einem Sammelsurium an Energieträgern hantieren. Das wird zu teuer.

HZwei: Carbazol wird inzwischen als der „Kraftstoff der Zukunft" tituliert. Hat denn Carbazol Ihrer Meinung nach tatsächlich das Potential, den Energiesektor zu revolutionieren?

Arlt: Ja, Carbazol oder sein Nachfolger. Was wir tun, ist doch einfach die Natur zu kopieren. Erdöl hatte sich ab etwa 1930 ohne Subvention durchgesetzt. Die flüssige Form und der hohe Energieinhalt sind unschlagbar. Wir kopieren das einfach.

HZwei: Verstehe ich Sie recht, dass es Ihnen dann also gar nicht primär ums Carbazol geht?

Arlt: „Carbazol" ist für mich nur eine Leitsubstanz, das heißt, man kann an dieser Substanz eine Technologie entwickeln und demonstrieren. Meine Vision ist, dass die weltweit sehr leistungsfähige deutsche Chemie weitere Stoffe findet, die mehr als doppelt so viel Wasserstoff tragen.

HZwei: Ein bisschen erinnert diese ganze Euphorie an die Geschichte, die der Stern im November 2000 als Titelstory publizierte: „Sand – Das Öl der Zukunft". Diese angebliche Lösung all unserer Energieprobleme entpuppte sich jedoch als Flop. Könnte es hier und jetzt ähnlich kommen?

Arlt: Nein, denn meine Grundlagenwissenschaft ist die Thermodynamik. Die kann die Effizienz technischer Prozesse vorhersagen, dummerweise aber ohne den Lösungsweg anzugeben. Damals wurde schnell klar, dass eine Siliziumbasierte Energiewirtschaft thermodynamisch nicht sinnvoll ist. Das ist bei Carbazol anders.

HZwei: Gegenüber der Zeitung „Die Welt" sollen Sie gesagt haben, einer der Knackpunkte sei die Freisetzungsrate von Wasserstoff. Stimmt es, dass diese momentan noch sehr niedrig, intolerabel niedrig liegt?

Arlt: Die Aufladung=Hydrierung ist in der Chemie seit Jahrzehnten bekannt. Die Entladung=Dehydrierung ist nicht so gut bekannt. Zudem müssen wir den Wasserstoff beispielsweise beim Einsatz im Pkw diskontinuierlich anliefern. Da ich vorderhand große Zwischenspeicher aus Sicherheits- und Raumgründen ablehne, hat hier die Chemie eine harte Nuss zu knacken. Aber, die deutsche Chemie ist weltweit führend. Wenn das jemand schafft, dann wir. Die heutigen Ergebnisse zeigen, dass wir in die richtige Richtung gehen. Sollte uns das nicht zu 100 % gelingen, ist uns bereits ein Ausweg eingefallen.

HZwei: Ein Ausweg? Also eine zweite Option? Lassen Sie hören.

Arlt: Lassen Sie uns erstmal die belastbaren Ergebnisse haben, dann schreiben wir ein Patent und dann sagen wir es Ihnen.

HZwei: Sie legen weiterhin Wert darauf, dass der Bürger vor einem unsachgemäßen Umgang geschützt werden müsste. Wie meinen Sie das?

Arlt: Ich habe während meiner elfjährigen Tätigkeit bei der Firma Bayer auch mit Wasserstoff gearbeitet. Die großen Firmen handhaben diesen Stoff absolut sicher. Gut ausgebildete Mitarbeiter arbeiten in einer professionellen Umgebung. In der breiten Anwendung sieht das anders aus: Ein (geringer) Anteil an Bürgern möchte Böses anrichten oder ist einfach dumm oder neugierig. Das muss auch auf Carbazol bezogen werden. Einem Bürger darf es nie gelingen, die mehr als 600 Liter Wasserstoff aus einem Liter Carbazol freizusetzen. Daher möchte ich auch die Dehydriertemperatur nicht wesentlich absenken, sondern akzeptiere lieben den kleinen Wirkungsgradverlust. Sicherheit vor Effektivität.

HZwei: Es mehren sich die Stimmen, die über weitere Probleme mit Carbazol berichten. Welche Probleme gibt es da sonst noch?

Arlt: Da könnte ich Ihnen das Arbeitsprogramm meines Förderantrages auflisten. Aus meiner Sicht ist besonders wichtig, dass wir die Toxizität der Carbazol-Produkte verlässlich feststellen. Das ist weniger die Giftigkeit für den Menschen, denn der Dampfdruck von Carbazol ist niedrig, und auch heute trinkt niemand Super-Benzin. Es geht vielmehr um Fragen, was passiert bei einem Unfall, wenn Carbazol ins Erdreich versickert. Ich bleibe aber bei meinem Vergleich: Der Energieträger muss nicht weniger giftig sein als die Stoffe, die im Tankstellen-Shop verkauft werden.

HZwei: Können Sie unseren Lesern bitte genauer erläutern, wie gefährlich diese Substanz ist?

Arlt: Dazu wollen wir ein unabhängiges Institut beauftragen. Im Moment gehen wir davon aus, dass Carbazol mindergiftig ist wie Ethanol („Trinkalkohol"). Sollte wider Erwarten eine höhere Toxizität herauskommen, ist das auch kein Problem. Kleine Modifikationen am Molekül ändern die Giftigkeit dramatisch. Denken Sie an Benzol, einen wirklich giftigen Stoff. Wenn man eine Methylgruppe dranhängt, wird Benzol zum doch harmloseren Toluol.

HZwei: Man liest häufig, Carbazol sei flüssig oder zähflüssig. Bei Wikipedia steht jedoch: Aggregatzustand fest. Im Datenblatt hingegen steht etwas von weißen Kristallen und einem bräunlichen Pulver. Außerdem sei Carbazol unlöslich in Wasser, heißt es. Was stimmt denn nun?

Arlt: Das hängt zuerst damit zusammen, dass „Carbazol" ja ein eigenständiger Stoff ist, diese Bezeichnung in allen Publikationen aber auch für die verschiedenen Formen von N-Ethyl-Carbazol benutzt wird. Das N-Ethyl-Carbazol wird einen Schmelzpunkt um Raumtemperatur haben. Das ist natürlich zu hoch für Diesel, lässt sich aber elegant korrigieren. Wir müssen die Stoffwerte erst noch bestimmen. Das Wort „unlöslich" ist thermodynamisch nicht zulässig, ich gehe davon aus, dass die Löslichkeit in Wasser sehr, sehr niedrig ist. Um auf die Toxizität zurückzukommen: auch eine niedrige Toxizität kann aquatische Organismen stark schädigen.

HZwei: Sie schreiben, die Flüssigkeit habe Ähnlichkeiten mit Dieselkraftstoff. Kann sie demnach ganz normal transportiert werden, ohne dass eine komplett neue Infrastruktur aufgebaut werden müsste?

Arlt: Nach heutigem Wissensstand ja. Wir müssen noch testen, wie sich die Dichtungen in Tanks zu Carbazol verhalten. Eventuell muss man auf höherwertige Dichtungen umsteigen. Aber das ist wirklich kein Problem.

HZwei: Sie geben das Volumen des benötigten Katalysators mit „Schuhkartongröße" an. Fast noch wichtiger ist aber doch die Frage, woraus der Katalysator besteht. Welche Materialien kommen darin zum Einsatz?

Arlt: Das ist a) eine Frage an Kollegen Wasserscheid und b) Inhalt eines gerade eingereichten Patentes. Dummerweise muss der Freisetzungsprozess nicht nur „klappen". Der Katalysator sollte auch möglichst nichts kosten und zudem aus Stoffen bestehen, die reichlich vorhanden sind.

HZwei: Letzte Frage: Sie planen ja bereits weitere Forschungsarbeiten. Woran hapert es momentan noch?

Arlt: Nicht nur in diesem Fall stelle ich fest, dass die Forschungsdachorganisationen doch sehr träge auf Veränderungen reagieren. Das trifft auch auf meine Fach-Community zu. Das andere ist, dass die Zeit zwischen Idee, Antrag, Bewilligung und Forschungsstart viel zu lang ist. Zudem ist ein Antrag so komplex wie eine Steuererklärung. Ich glaube, Einstein würde heute kein Forschungsgeld bekommen, zumindest nicht zu Lebzeiten. Er wäre sicher nicht in der Lage, die Formalitäten zu erfüllen. Forschung trägt das Scheitern intrinsisch in sich. Wer Scheitern nicht zulässt, forscht nicht. Die Geldgeber versuchen aber genau, das Scheitern zu verhindern. Da verweise ich auf China: Die haben mehr Mut, etwas „in den Sand zu setzen". Das trifft aufs Carbazol sicher nicht zu, erklärt aber das Verhalten der Geldmittelgeber.

HZwei: Herzlichen Dank Prof. Arlt für diese Hintergrundinformationen.

→ www.tvt.cbi.uni-erlangen.de, www.encn.de

Die kompakten Proportionalventile von Bürkert reagieren sehr fein und sorgen damit für eine besonders stabile Brenngas- oder Luftregelung. Mit der extrem geringen elektrischen Energie, die dafür nötig ist, werden Wirkungsgrade kaum beeinflusst.

Mehr davon? Rufen Sie uns an:
07940/10-91 111 oder www.buerkert.de

bürkert
FLUID CONTROL SYSTEMS

Thema: International | **Autor:** Peter Hoffmann |

MELDUNGEN AUS ÜBERSEE

BZ-SYSTEM FÜR ATLANTIS

Beim letzten Start des Space Shuttles *Atlantis* am 8. Juli 2011 vom Cape Kennedy in Florida sorgte Wasserstoff nicht nur für den Raketenantrieb. Der Kraftstoff versorgte auch ein mobiles Brennstoffzellen-Beleuchtungssystem, das aus gegebenem Anlass vor Ort aufgebaut worden war. Auch wenn der Start selbst keinerlei zusätzlicher Illumination bedurfte, versorgte das gemeinsam von Sandia National Laboratories und acht Partnerunternehmen errichtete System den Pressebereich mit Energie. Es lieferte Strom sowohl für Scheinwerfer als auch für die Kamerabatterien der Fotografen. Es handelte sich um eine 5-kW-PEM-Brennstoffzelle von Altergy Systems, für die insgesamt acht Kilogramm an Wasserstoff bereitstanden. ||

[Quelle: Sandia Labs, Steffan Schulz]

TRI-GENERATION H_2-STATION

Die ersten Wasserstoffautos haben im August 2011 bereits in Kalifornien an der weltweit ersten Tri-Generation H_2-Station getankt. Sie ist gleichzeitig Tankstelle, Kraftwerk und Müllfabrik – alles in einem. Die Tri-Generation-Anlage von FuelCell Energy wurde gemeinsam mit dem National Fuel Cell Research Center (NFCRC) und dem Abwasserunternehmen von Orange County Sanitation District in Fountain Valley errichtet. Dabei handelt es sich um eine MCFC-Anlage (250 kW), die mit Klärgas aus der anaeroben Vergasung läuft. Die Wärme der Brennstoffzelle dient gleichzeitig dem Gärprozess. Überschüssiger Wasserstoff, der nicht zur Stromerzeugung genutzt wurde, wird aufbereitet und zur Fahrzeugbetankung verwendet. Prof. Scott Samuelsen erklärte: „Dies ist ein Paradigmenwechsel. Wir werden wirklich kraftstoffunabhängig und nicht länger Geiseln anderer Länder sein. Dies ist der Inbegriff von Nachhaltigkeit, bei dem wir den endlosen Strom menschlichen Abfalls nehmen und ihn umwandeln in Sprit und Strom.“ Die Anlage erzeugt mindestens 120 kg H_2 pro Tag, ausreichend Energie für 25 bis 50 Fahrzeuge. Der Wasserstoff wird per Pipeline von der Brennstoffzelle zur Betankungsstation befördert. Dort kann er bis auf 700 bar verdichtet werden. ||

BLOOM ENERGY WÄCHST WEITER

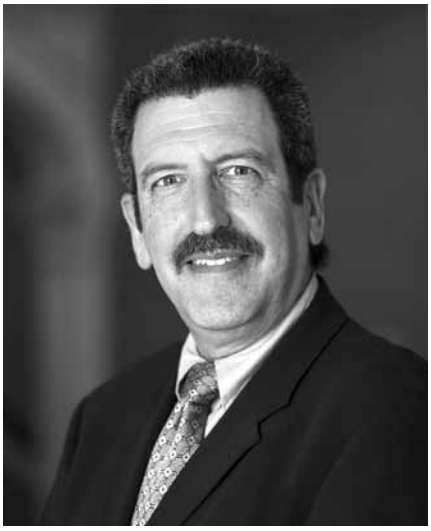
Das kalifornische Unternehmen hatte gerade erst verkündet, es werde sich vergrößern, da kommt auch schon die nächste Meldung: Bloom Energy produziert zukünftig auch an der Ostküste. Zunächst hatte das US-amerikanische Unternehmen am Firmenhauptsitz in Kalifornien seine Fertigungsfläche im April 2011 um das Vierfache auf rund 20.000 Quadratmeter aufgestockt und mehr als 1.000 neue Arbeitsplätze geschaffen. Der SOFC-Hersteller wuchs in den vergangenen vier Jahren um 525 % und lieferte rund 120 Bloom Boxes innerhalb Kaliforniens aus. Dadurch trug die Firma dazu bei, sowohl den Kohlendioxidfußabdruck als auch die Betriebskosten seiner Kunden (z. B. Google, Walmart, Caltech, eBay, Coca Cola usw.) zu reduzieren. Dann im Juli hieß es vom Gouverneur des Bundessstaates Delaware, Jack Markell, Bloom arbeite zukünftig auch von der US-amerikanischen Ostküste aus in Newark. Endgültig ist diese Entscheidung zwar noch nicht, aber allem Anschein nach sollen in einem alten Chrysler-Werk rund 1.000 neue Arbeitsplätze entstehen. ||

BESTELLUNG ÜBER 70 MW

FuelCell Energy, Inc., der Hersteller für Brennstoffzellenkraftwerke aus Danbury, USA, hat bekannt gegeben, dass ihm eine Bestellung über 70 Megawatt BZ-Kits von Seiten seines südkoreanischen Partners Posco Power vorliegt. Der Gesamtwert dieser über zwei Jahre laufenden Bestellung inklusive weiterer Service-Dienstleistungen wird auf mindestens 129 Mio. US-$ geschätzt. Mit der Auslieferung der Brennstoffzellen-Kits soll im Oktober 2011 begonnen werden. „Dies ist die größte Bestellung, die FuelCell Energy je bekommen hat“, sagte Geschäftsführer Chip Bottone. Bei Posco Power handelt es sich um einen unabhängigen Energieversorger in Süd-Korea, ein Tochterunternehmen von Posco, einem global agierenden Stahlhersteller. Posco Power stellte erst kürzlich die Arbeiten an einer Brennstoffzellenmodul-Fertigungsfabrik fertig, in der Komponenten von FuelCell Energy verbaut werden. Das asiatische Unternehmen stapelt die Brennstoffzellenkomponenten zu fertigen Modulen und fügt zudem die elektrische und mechanische Prozesstechnik hinzu. Die Fertigungsanlage ist für eine jährliche Kapazität von 100 MW ausgelegt.

FuelCell Energy sagte weiterhin zu, mehrere 1,2-MW-Brennstoffzellenmodule, die von 2007 bis 2009 hergestellt wurden, zu reparieren und zu optimieren. Diese Nacharbeiten an insgesamt 16 Modulen waren wegen Dichtungsproblemen, die allerdings nicht den Stack betreffen, notwendig geworden. Die Nacharbeiten begannen im Herbst 2011 und sollen bis Mitte 2012 abgeschlossen sein. Sie umfassen ein Finanzvolumen von 3 bis 5 Mio. US-$. ||

MARKOWITZ LEITET FCHEA



[Quelle: FCHEA]

Ruth Cox, die bisherige Präsidentin und Geschäftsführerin der erst kürzlich gegründeten Fuel Cell and Hydrogen Energy Association (FCHEA), verlässt den US-amerikanischen Verband. Ihre Nachfolge übernimmt Morry B. Markowitz, ehemaliger Außendienst-Direktor vom Edison Electric Institute (EEI), an dem er neun Jahre lang arbeitete. Davor war er Vize-Präsident für externe Angelegenheiten beim Verband der Internationalen Automobilhersteller und arbeitete zudem für die Regierung auf dem Capitol Hill. Cox wird Administratorin des General Service Administration's Region 9 in Kalifornien. Weitere Veränderungen beim FCHEA betreffen die Kommunikationsabteilung: Der ehemalige Leiter, Pete Barkey, verließ den Verband und wurde ersetzt durch Connor Dolan. ||

WASSERSTOFF AUS MÜLL

BMW hat Ende Juli 2011 angekündigt, die Brennstoffzellen-Niederflurfahrzeuge in seinem SUV-Werk in Spartanburg, USA, zukünftig mit Wasserstoff aus Deponiegas versorgen zu wollen. Sollte alles wie geplant ablaufen, könnten nicht weniger als 300 Fabrikfahrzeuge mit Bio-Wasserstoff betrieben werden. Damit wäre dieses Werk einer der weltweit größten Betriebsstandorte für H_2-Fahrzeuge. Derzeit sind rund 100 wasserstoffbetriebene BZ-Niederflurfahrzeuge auf dem neuen, 100.000 Quadratmeter großen Firmengelände, auf dem der neue SUV X3 produziert wird, im Einsatz. In der ersten Phase dieses 1-Mio.-Dollar-Projektes will der Autobauer gemeinsam mit seinen Partnern zunächst die wirtschaftlichen Voraussetzungen und die Realisierbarkeit überprüfen. Dafür stehen Fördergelder der South Carolina Research Authority (SCRA) zur Verfügung. Im Falle eines positiven Ergebnisses soll zudem untersucht werden, wie das Gas der nahegelegenen Abfalldeponie herangezogen werden kann, um daraus in einem Reformierungsprozess Wasserstoff zu extrahieren. Anschließend soll verglichen werden, wie sich dieser Prozess gegenüber der bisherigen H_2-Bereitstellung bewährt. Derzeit liefert das Gaseunternehmen Linde flüssigen Wasserstoff mit Hilfe von Trailern an. Seinen Ursprung hat dieses neue Vorhaben in einem Deponiegasprojekt, das BMW bereits im Dezember 2002 zusammen mit Ameresco initiiert hatte. ||

Autor:
Peter Hoffmann, Hydrogen & Fuel Cell Letter
übersetzt von Sven Geitmann

[Quelle: Horizon]

Thema: Praxisbericht | **Autor:** Jonathan Wing

FERTIG FÜR DEN KONSUMENTEN

Horizon bringt BZ-Ladegeräte auf den Markt

Portable Mikro-Brennstoffzellen sind ein äußerst wichtiger Bereich für viele BZ-Hersteller. Etliche Unternehmen aus der Unterhaltungselektronik arbeiten emsig an der Entwicklung von handlichen 1- bis 2-Watt-Systemen mit USB-Anschluss, weil dieser Markt als Türöffner angesehen wird. Hier könnte die Lücke, die derzeit noch zwischen Otto-Normalverbraucher und der Brennstoffzellenindustrie klafft, überbrückt werden. Eine der in diesem Bereich aktiven Firmen ist Horizon Fuel Cell Technologies. Deren *MiniPak,* das bereits während der vergangenen Jahre in unterschiedlichen Entwicklungsstufen auf zahllosen Veranstaltungen präsentiert wurde, wird ein großes Potential nachgesagt. Ende 2011 soll dieses Gerät die endgültige Marktreife erlangt haben. Dies ist ein Erfahrungsbericht darüber von Jonathan Wing.

Ein attraktives Einsatzgebiet für Brennstoffzellen aller Größenordnung ist die Bereitstellung elektrischer Energie fernab von jeglichem Stromnetz. Im Bereich kleiner portabler Elektrogeräte zählen Aktivitäten wie Camping und Reisen zu den Anwendungsgebieten, wo die Vorteile dieser Technik voll zur Geltung kommen: Durchgängige und sofortige Bereitstellung von sauberer Energie für alle möglichen Arten von elektronischen Kleingeräten, die heutzutage aus einem modernen Leben nicht mehr wegzudenken sind.

Als regelmäßiger Gast großer Musikfestivals stellte sich während der letzten sechs Jahre jeden Sommer das gleiche permanente Problem da: Wie und wo kann ich mein Mobiltelefon aufladen? Das Glastonbury Festival ist eines der größten in der Welt mit annähernd 180.000 Feiernden in diesem Jahr. Um in dieser Menschenmasse während der fünf tollen Tage all seine Freunde wiederfinden zu können, ist ein Handy extrem wichtig. Damit es stets geladen ist, gab es in der Vergangenheit stets eine Mischung aus extrem sparsamem Verbrauch und langen Schlangen mit stumpfer Warterei am Chill 'n' Charge Zelt (ruhen und laden) des Telekommunikationsunternehmens Orange. Mit diesem Gedanken im Hinterkopf kontaktierte ich in diesem Jahr rechtzeitig vor dem Festival Horizon Fuel Cell Technologies. Von dort organisierte ich ein MiniPak-Testgerät und reiste nach Somerset mitsamt dem Gerät und fünf Wasserstoffpäckchen *(HydroStiks)* im Gepäck. Zuvor hatte ich bereits mit ähnlichen portablen Brennstoffzellen-Ladegeräten ausreichend Erfahrungen gesammelt. Da es stets mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden war, die benötigte Energie für sein Smart Phone tatsächlich herauszubekommen, war ich bezüglich des MiniPaks sehr skeptisch. Wie sich jedoch herausstellte, war meine Vorsicht unbegründet. Das MiniPak überstieg meine Erwartungen in fast allen Punkten.

Zunächst einige Worte zum Design des Geräts: Das MiniPak verfügt über das ästhetischste Outfit aller portablen Brennstoffzellen-Kleingeräte, die ich bisher gesehen habe. Es besteht aus einer unauffälligen Kombination eines samtig schwarzen Gehäuses mit cyanfarbenen Akzenten und Morse-Code-inspirierten Lüftungsschlitzen. Ein gutes Design sollte nicht unterschätzt werden bei Produkten, die gut im Unterhaltungselektronikmarkt verkauft werden sollen. Horizon hat hier eine exzellente Arbeit abgeliefert.

Der Betrieb des Geräts ist ähnlich einfach wie das Design. Die HydroStiks, mit Wasserstoff gefüllte Metallhydridkartuschen, werden einfach in die Einheit reingeschraubt. Das

[Quelle: Horizon]

System startet daraufhin automatisch, spült den Stack und liefert innerhalb von zehn Sekunden Strom über den USB-Anschluss. Es ist keine weitere Intervention vom Benutzer erforderlich. Der einzige Nachteil ist, dass die BZ-Einheit horizontal gehalten werden muss, damit ein ausreichender Luftaustausch ermöglicht wird und das Wassermanagement funktioniert. Das entstehende Wasser wird in Form von Wasserdampf von der Gerätoberseite ausgestoßen. Mit anderen Worten kann dieses zum Einstecken konzipierte Modul nicht in der Tasche eingesetzt werden.

Wie dem auch sei, diese Einschränkung behinderte nicht meine Nutzung. Mit einem respektablen Output von zwei Watt lud das Gerät mein iPhone 4 mit ungefähr der gleichen Geschwindigkeit wie ein normaler Stromanschluss, und jeder HydroStik lieferte ausreichend Wasserstoff für mehr als zwei volle Ladungen. Demgegenüber erklärt der japanische Mitbewerber Aquafairy auf seiner Website, dass ihr AF-M3000 eine komplette Kraftstoffkartusche benötigt, um ein Smart Phone in eineinhalb bis zwei Stunden halb aufzuladen. Das MiniPak scheint somit bei der Performance im Vorteil zu liegen.

Darüber hinaus geht Horizon mit vergleichsweise aggressiver Preisgestaltung in den Markt. Erste Einheiten der Vorproduktion werden über Arcola Energy, den Internet-Shop von Ben Todd, Managing Direktor von Horizon Fuel Cell, in Großbritannien für 75 Pfund und HydroStiks für zehn Pfund verkauft, wobei die Kosten nach dem offiziellen Produktstart noch sinken sollen. Zum Vergleich: Vorproduktionseinheiten des *Dynario* von Toshiba wurden für 229 Pfund verkauft, das AF-M3000 für 202 Pfund. Außerdem will Horizon eine Befüllstation für HydroStiks anbieten, allerdings wird deren Preis momentan mit 250 Pfund angegeben, so dass es etliche Benutzer vorziehen werden, einzelne recyclebare HydroStiks zu kaufen, wenn sie sie benötigen.

Brennstoffzellenprodukte wurden häufig daraufhin kritisiert, sie wären unterentwickelt und nicht reif für den Markt, aber Module wie das MiniPak belegen, dass diese Technik jetzt wirklich fertig für den Einsatz beim Konsumenten ist. ||

Autor:

Jonathan Wing
Fuel Cell Today, Hertfordshire/England
→ jonathanwing@fuelcelltoday.com

übersetzt von Sven Geitmann

NAHAB BEERBT MEYNE

Bereits im Frühjahr 2011 hat es erneut einen Wechsel in der Führungsebene der Proton Motor Fuel Cell GmbH gegeben. Dr. Christian Meyne legte im Februar 2011 das Amt als Geschäftsführer nieder. Der promovierte Physiker hatte Anfang Dezember 2010 die Unternehmensleitung von Thomas Melczer übernommen. Seine Position übernahm Dr. Faiz Francois Nahab, der beim Mutterunternehmen Proton Power Systems plc den gleichen Posten bekleidet. Ihm zur Seite steht unter anderem Manfred Limbrunner, der zuvor Produktmanager war und jetzt neben dem kaufmännischen Geschäftsführer Achim Loecher zum technischen Geschäftsführer ernannt wurde. ||

MCC-FACHFORUM

Frankfurter Allgemeine
ZEITUNG FÜR DEUTSCHLAND

WindForum 2011

Unter der Schirmherrschaft von:
EnergieAgentur.NRW
WVW Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V.
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

„Mit frischem Wind" ins regenerative Zeitalter?

28. und 29. November 2011 Köln

Beide Tage separat buchbar!

→ Politische, rechtliche und technische Rahmenbedingungen in NRW – Was bringt der neue Windenergie-Erlass?
→ Moderne Windenergietechnik – Marktentwicklung und Akzeptanzförderung
→ Möglichkeiten zur Ausgestaltung eines Windpark-Portfolios für Stadtwerke und institutionelle Investoren
→ Risikomanagement bei Offshore Windparks – Erste Erfahrungen
→ Dezentrale Speichersysteme und Anwendungsmodelle für Stadtwerke und Regionalversorger
→ Innovative Kommunikationsstrategien mit dem/der „mündigen" Bürger/in

Moderation:
Gerd Marx,
Leiter Energieeffizienz und erneuerbare Energien, Klimaschutz, EnergieAgentur.NRW

KEYNOTE SPEAKER:

Johannes Remmel
Minister für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- u. Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Ihre Referenten(Innen) und Diskussionspartner(Innen):
Holger Gassner, Leiter Märkte und Politik, RWE Innogy GmbH • Matthias Willenbacher, Mitglied des Vorstandes, juwi Wind GmbH • Jens Ullrich, Geschäftsführer, Rheinenergie Windkraft GmbH • Dr. Gernot Blanke, Vorstand, wpd AG • Egbert Terholsen, Regionalleiter Westdeutschland, ENERCON GmbH • Nils Brodersen, Account Manager, MeteoGroup Deutschland GmbH • Dr. Walter Döring, stv. Vorstandsvorsitzender, Windreich AG • Andreas Eichler, Director Sales Germany, Vestas Deutschland GmbH • Dr. Wolfgang von Geldern, Vorstand, Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. • Dr. Reinhard Nierer, Rechtsanwalt, Luther Nierer Rechtsanwälte Partnerschaft • Klaus Horstick, Geschäftsführer, Trianel Windkraftwerk Borkum GmbH & Co. KG

H2Zwei DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN
DIGITAL ENGINEERING MAGAZIN
VIRTUAL REALITY

Weitere Informationen unter +49 (0)2421 12177-21 oder wolfsberger@mcc-seminare.de
The Communication Company · Scharnhorststraße 67a · 52351 Düren
www.mcc-seminare.de

Thema: Praxisbericht | **Autor:** Sven Geitmann

UNTERWEGS UNTER STROM

Reisemobile mit einem Freiheitsgrad mehr

Brennstoffzellen haben bisher nur in einem Bereich den Weg zum Endverbraucher gefunden: im Reisemobil-Sektor. Hier bieten mittlerweile fast alle Hersteller dieser rollenden Behausungen die Option an, eine Brennstoffzelle als „Range Extender" für die Bordenergieversorgung erwerben zu können. Die Auswahl an BZ-Systemen ist jedoch sehr begrenzt. Nur die SFC Energy AG bietet alltagstaugliche Module an. Der Autor dieses Berichts hat getestet, wie sie einem den Urlaub versüßen können.

Reisemobile sind keine Massenware, sondern ein klassisches Luxusobjekt, das von den meisten Personen nur als eines der vielen Fahrzeuge wahrgenommen wird, die auf dem Weg in den Urlaub im Stau gerade neben oder vor einem stehen. Nur ein relativ geringer Anteil der Bevölkerung kann es sich leisten, solch einen mobilen Hausersatz zu mieten oder gar zu kaufen. Für diejenigen, die ihn bezahlen können, kommt es bei einem Kauf weniger auf den Endpreis als vielmehr auf den Komfort an. Dadurch ist der Reisemobilsektor für die Brennstoffzelle der perfekte Nischenmarkt, in dem frühzeitig die Alltagstauglichkeit dieser effizienten Energiewandler erprobt und demonstriert werden kann.

NETZFERNE STROMVERSORGUNG Reisemobilisten entscheiden sich mit gutem Grund gegen einen konventionellen Zelturlaub. Während diese spartanische Variante für junge Menschen mit schmaler Geldbörse in den Ferien durchaus seine Reize hat, legen die in der Regel bereits in die Jahre gekommenen Besitzer von Wohnmobilen Wert auf einen gewissen Lebensstandard. Ein zentrales Element ist dabei eine gut funktionierende Energieversorgung. Und genau hier kommt die Brennstoffzelle ins Spiel, weil sie dauerhaft, leise und effizient eine zuverlässige Stromversorgung sicherstellen kann.

Wohnmobile verfügen über mindestens zwei Batterien: eine Starterbatterie, die wie bei jedem anderen Fahrzeug auch im Motorraum sitzt, und einen mehr oder weniger großen Akkumulator, der den Wohnraum mit Strom versorgt – auch im Stillstand. Diese Wohnraumbatterie (12 V Blei-Akkumulatoren) befindet sich meist unter einer Sitzbank. Sollte sie nach exzessivem Energieverbrauch einmal entladen sein, erhält sie ihren Strom während der Fahrt von der Lichtmaschine des Motors. Die zweite Variante zur Wiederbefüllung ist, dass das Fahrzeug beispielsweise auf einem Campingplatz an eine externe Steckdose angeschlossen wird, so dass das installierte Ladegerät die Batterie laden kann. Aber was passiert, wenn die Ferien abseits der Zivilisation fernab von jeglichem Stromnetz verbracht werden und wenn das Mobil zudem tagelang nicht bewegt wird? Dann muss der Reisende mit der elektrischen Energie sorgsam haushalten und stets das integrierte Voltmeter im Auge behalten, damit nicht mitten während der Sportschau der Saft für den Satellitenfernseher ausgeht.

Neben der Energieeinsparung war bislang die letzte verbleibende Option, die Energiezufuhr mit Hilfe einer Solarstromanlage zu erhöhen. Photovoltaiksysteme können dazu beitragen, die mögliche Standdauer in der Abgelegenheit eines einsamen norwegischen Fjords zu verlängern. Deren Stromausbeute ist aber begrenzt, speziell bei Wolken, bei Regen und bei langen Nächten.

DMFC VON SFC So war der Status quo bis zur Marktreife der Brennstoffzelle. Seit etwa drei Jahren bauen jedoch immer

Einfache Bedienung mit übersichtlichem Display

mehr Wohnmobilhersteller auf Methanol und die DMFC-Technik. Methanol ist ein flüssiger Energielieferant und ähnlich einfach zu handhaben wie Benzin. Er wird in speziellen, zertifizierten Kartuschen (5 oder 10 l) gespeichert und ist über das bestehende Vertriebsnetz für Camping-Artikel an rund 1.500 Verkaufsstellen in Europa zu beziehen. Die Direktmethanol-Brennstoffzellen (engl. direct methanol fuel cell) von SFC Energy sind bereits seit Jahren die einzigen marktreifen Endverbrauchergeräte – abgesehen vom Weiterbildungssektor. Sie sind voll einsatzbereit, bezahlbar und funktionieren zuverlässig.

Die neue Modell-Serie *efoy Comfort,* die seit Juni 2011 im Fachhandel erhältlich ist, umfasst drei Versionen mit einer Ladekapazität von 80, 140 und 210 Amperestunden pro Tag (12 V). Die maximale Leistung liegt bei 40, 72 beziehungsweise 105 Watt. Die Handhabung ist einfach: Über ein im Wohnraum installiertes Display kann das Gerät bedient und überwacht werden. Viel ist dafür jedoch nicht zu tun: Einfach nur anschalten, dann kontrolliert der integrierte Regler permanent den Ladezustand der Batterie. Sinkt die Spannung unter 11,2 V, startet automatisch die Brennstoffzelle, lädt den Akku auf und schaltet automatisch wieder auf Stand-by-Betrieb. Bei der neuen Serie bietet zudem erstmals ein Expertenmodus die Möglichkeit, individuelle Einstellungen vorzunehmen (z. B. Schaltwellenanpassung). Dr. Peter Podesser, Geschäftsführer der SFC Energy AG, erklärte dazu: „Die neuen efoy Comfort-Systeme sind unsere Antwort auf die Ideen und Wünsche unserer Kunden im Reisemobil- und Marinebereich. Sie wollten noch leisere, besser bedienbare und leistungsstärkere Geräte.“ Podesser sagte weiterhin: „Viele Reisemobilisten und Segler sind echte Elektronikexperten. Für sie haben wir diese neue Funktion eingerichtet.“

Eine Installation der Brennstoffzellenmodule im Fahrzeug ist infolge des niedrigen Gewichts (7,0 bis 8,2 kg) sowie der geringen Abmessungen (L: 44,3 cm x B: 20,2 cm x H: 28,8 cm) problemlos in fast allen Reisemobilmodellen möglich. Ihr Einsatzbereich reicht von -20 bis + 40 °C. Die Garantiedauer wurde von dem Brunnthaler Unternehmen mittlerweile von insgesamt 3.000 Betriebsstunden auf mindestens zwei Jahre umgestellt. Bei der efoy Comfort 210 sind es fünf Jahre.

OPTIONALES ZUBEHÖR Bei dem Reisemobilhersteller Bürstner sind Brennstoffzellen seit 2009 für zahlreiche Modellreihen als Sonderausstattung erhältlich. Der technische Leiter, Wolf Zeidler, begründete die Aufnahme der Kleinkraftwerke ins Produktportfolio des Kehler Unternehmens mit den Worten: „Sie bietet die Möglichkeit, unsere Reisemobile über lange Zeiträume fernab vom Stromnetz zu nutzen und entspricht damit dem Bedürfnis unserer Kunden nach größtmöglicher Flexibilität und Individualität.“

Auch bei etlichen anderen Mitbewerbern hat diese Technik bereits Einzug gehalten. Die süddeutsche Hymer AG bietet die Brennstoffzelle beispielsweise in der S-Klasse als optionales Zubehör an, und auch bei der bayerischen Knaus Tabbert GmbH ist sie als Sonderausstattung bei allen Modellen einsetzbar. Der französische Reisemobilhersteller Rapido SAS bietet die Brennstoffzellen in seiner 10er-Modellreihe serienmäßig ab Werk an. Zudem werden weitere Modelle vorab so vorverkabelt, dass eine problemlose Nachrüstung möglich ist. Pierre Rousseau, Geschäftsführer von Rapido, erklärte: „Die Möglichkeit für unsere Kunden, in unsere Luxus-Reisemobile ganz einfach eine efoy zu installieren, ist ein bedeutendes Verkaufsargument.“ Pierre-Luis Guérineau,

BZ-Installation in der Fahrzeuggarage des Ixeo plus von Bürstner

Direktor Marketing & Vertrieb, ergänzte: „Die efoy-Brennstoffzelle ist die einfachste und gleichzeitig umweltfreundlichste Methode, immer und überall zuverlässig Strom an Bord des Reisemobils zu haben.“

PRAXISTEST In der Praxis ist die Brennstoffzelle so gut wie gar nicht bemerkbar: Sie nimmt kein nennenswertes Ladevolumen in Anspruch, sie ist kaum zu hören und die Methanolkartusche muss nur äußerst selten ausgetauscht werden. Bei einem „normalen“ Urlaub kommt das Gerät ohnehin kaum in die Verlegenheit, anspringen zu müssen. Solange man alle paar Tage den Standort wechselt – also fährt – oder mal ans öffentliche Stromnetz andockt, reicht die Kapazität der Wohnraumbatterie völlig aus. In diesem (häufigsten) Fall beschränkt sich die Brennstoffzelle daher darauf, dass sie einfach nur vorhanden ist und dem Reisenden ein Gefühl der Sicherheit vermittelt. Sie tut nichts, und trotzdem ist der Urlauber zufrieden und entspannt, weil er weiß, dass er jederzeit tagelang an einer Stelle stehen bleiben könnte, ohne einen Stromengpass fürchten zu müssen.

Wer jedoch die Einsamkeit mag und tatsächlich längere Zeit in einsamen Buchten stehen oder durch karge Wüstenregionen fahren möchte, für den macht sich die Investition in ein Brennstoffzellensystem nicht nur emotional, sondern schnell auch finanziell bezahlt. Für solche Art Urlaube bieten diese Geräte einen wahren Mehrwert. Man erhält quasi einen Freiheitsgrad mehr, weil die Stromversorgung mit einem BZ-System nicht mehr von der Batteriekapazität sondern nur noch vom Methanolvorrat abhängt. ||

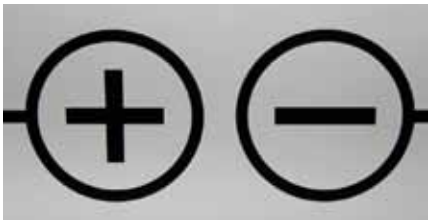
ALTERNATIVE MIT PROPAN

Die Truma AG plant die Kommerzialisierung ihres *VeGA*-Systems frühestens ab 2012. Aktuell führt die Putzbrunner Firma noch Labortests und Feldversuche mit rund 200 Exemplaren der Nullserie durch. Das mit einem HT-PEM-Stack ausgestattete Gerät kann bis zu 250 W leisten. Die VeGA arbeitet mit Propan, das sich in handelsüblichen 11-kg-Gasflaschen (28 kWh) meist ohnehin an Bord der Reisemobile befindet, und deckt damit einen Energiebedarf von bis zu 6.000 Wh pro Tag (max. 20 A) ab. Der anvisierte Verkaufpreis soll bei 6.500 Euro liegen. Als weiterer Mitbewerber stellte enymotion während der f-cell sein aktuelles 200-W-System *enyware L 200* vor, das ebenfalls mit Propan läuft, Anfang 2012 in einer neuen Version in den Feldtest geht und Ende nächsten Jahres marktreif sein soll.

Thema: Elektromobilität | **Fotos:** Sven Geitmann

IMPRESSIONEN DER IAA 2011

Weltpremiere
PRIUS
49
2.1
PRIUS
PLUG-IN HYBRID



ELECT
Grün

HALLE DER ELEKTROMOBIL
HALL OF ELECTRIC MOBILI

OPEL

urban

Nils

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

GRÜN IST OUT

Internationale Automobil Ausstellung (IAA) in Frankfurt a. M.

Von Krise keine Spur. Mehr Aussteller als jemals zuvor, mehr Besucher und natürlich jede Menge Autos waren vom 15. bis 25. September in Frankfurt zu sehen. Ganz so viele großvolumige Geländewagen wie noch in den Vorjahren gab es auf der IAA 2011 zwar nicht, aber trotzdem beherrschten nach wie vor Premiumfahrzeuge das Bild. Grün waren nur noch einige Ecken. Anders als noch 2009 waren nicht mehr überall grüne Wiesen, bunte Blätter und Marienkäfer zu sehen. Auch die großen Zahlen über den jeweiligen CO_2-Ausstoß waren mehrheitlich von den Autotüren verschwunden. Nur noch die Energiesparmodelle waren damit ausgestattet worden. Dafür gab es mehr zum Thema Elektromobilität. E-Autos waren vielerorts präsent und hatten sogar eine eigene Halle bekommen, aber bereits vor der Öffnung der Pforten zu dieser Leistungsschau war klar: Das Geschäft wird nach wie vor mit großen, leistungsstarken Autos gemacht. Kleine grüne Öko-Mobile bleiben etwas für die Marketingabteilungen … oder für kleine Quereinsteiger.

Um das gleich vorweg zu nehmen: Brennstoffzellenautos waren auf der Automobilschau kaum zu sehen. Prominente Ausnahme war der *F 125!* von Daimler (Details s. S. 32). Wenn es in Frankfurt um das Thema Elektromobilität ging, dann war damit meist Hybrid- oder Plug-in-Technik gemeint. Teilweise waren die E-Autos jedoch recht gut in Szene gesetzt. Beispielswiese diente am Opel-Stand der *Rak e* gleich vorne am Halleneingang als Lockvogel. Toyota hatte links vorne seine Hybridtechnik stehen und rechts vorne seinen Geländewagen. Daimler hatte sich für die Supermarktstrategie entschieden: Zunächst mussten die Besuchermassen durch das Forum, das komplett von der Marke *Smart* in Beschlag genommen worden war, hindurch. Dann in der Festhalle diente die spektakuläre Konzeptstudie *F 125!* als Blickfang. Anschließend wurde die Menge per Rolltreppe in die zweite Oberetage befördert, wo sie eine ganze Phalanx von B-, C-, E- und S-Klasse-Modellen mitsamt A-Klasse-Studie empfing. In Etage 1 ging es weiter mit dem Viano, der G- und M-Klasse. Bevor es ganz runterging, kam man noch an den E- und F-Cell-Modellen inklusive des quitschgelben SLS AMG E-Cell (s. S. 32) vorbei. Unten dann nochmals Luxus: Maybach, SLK und CLS und wieder am *F 125!* vorbei nach draußen.

RENAULT BAUT AM VIERTEN E-AUTO Wie schon 2009 preschte allein Renault mit großen Schritten mit seinen Z.E.-Modellen (Zero Emission) voran. Die Franzosen haben das Ziel vorgegeben, bis 2020 rund zehn Prozent ihrer verkauften Fahrzeuge mit Elektroantrieb auszustatten. Um dies zu erreichen, bringt Renault noch Ende 2011 den *Kangoo Z.E.* und dessen Langversion *Kangoo Maxi Z.E.* heraus, auch in Deutschland (44 kW, Reichweite: 170 km). Anfang 2012 soll der *Fluence Z.E.* folgen (70 kW). Gemeinsam mit Better Place hat Renault bei dieser Familienlimousine ein Quickdrop-Wechselsystem für die Batterie installiert, so dass in rund fünf Minuten ein voller Akku für 185 km zur Verfügung steht (s. S. 34).

Ebenfalls Anfang 2012 soll der *Twizy* umherfahren (max. 80 km/h, 15 kW). Der Stadtflitzer ist für zwei Personen konzipiert und passt eher in die Kategorie Motorroller. Als die Franzosen dieses Modell 2009 vorstellten, sah er noch aus wie einer, der niemals gebaut wird, aber nun macht Renault tatsächlich Ernst. Ein viertes Elektroauto kommt im Herbst 2012: der *ZOE*. Dieser Kompaktwagen (60 kW, Reichweite: 160 km) ist ebenfalls Quickdrop-geeignet. Die Batteriemiete soll 85 Euro monatlich betragen. Darüber hinaus zeigte Renault noch den *Frendzy*, ein Kombi-Van als Concept Car (44 kW).

B-KLASSE ALS PLUS-VERSION Daimler zeigte zwischen den E- und F-Cell-Modellen auch erstmalig ein Elektrofahrzeug mit Range Extender: *B-Klasse E-Cell Plus.* Für dieses Konzeptfahrzeug haben die Schwaben eine Lithium-Ionen-Batterie der Deutschen Accumotive, einem Joint-Venture von Daimler und Evonik, vorgesehen (Reichweite: 100 km, E-Motor: 100 kW_{max}). Zusätzlichen ist ein 3-Zylinder-Ottomotor (50 kW) eingeplant,

KOMMENTAR ZUR IAA

Die deutschen Automobilkonzerne zählen in Sachen Elektromobilität nicht gerade zu den Schnellstartern. Andere Hersteller wie beispielsweise Mitsubishi mit seinem bereits kommerzialisierten *i MiEV* sind dagegen klassische *First-Mover.* Wie jetzt jedoch herausgefunden wurde, ist es bei den E-Mobilen vielleicht gar nicht so gut, Erster auf dem Markt zu sein. Eine aktuelle Studie hat nämlich herausgefunden, dass es – allen bis dato geltenden wirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten zum Trotz – sogar besser sein könnte, etwas später auf den Markt zu kommen. Das Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW) und DB Research, ein Tochterunternehmen der Deutschen Bank, schreiben in ihrer Analyse: „Angesicht der Unsicherheiten zur Marktentwicklung kann es klare Second-Mover-Vorteile geben." Gilt hier jetzt also ausnahmsweise: Der zweite Vogel fängt den Wurm?

Weiter heißt es, das Ziel der Bundesregierung bis 2020 über 1 Mio. Elektrofahrzeuge auf die Straße bringen zu wollen, sei unrealistisch, es sei bis zu diesem Zeitpunkt nur ein Anteil von 6 bis 8 % bei den Neuzulassungen pro Jahr erreichbar. Dies entspräche jährlich etwa 250.000 neu zugelassenen Elektroautos.

Die Kernaussage der Studie, die passenderweise genau einen Tag vor der der IAA erschien, scheint somit die Absolution für alle etwaigen Verzögerungen bei der Einführung der Elektromobilität zu sein, getreu dem Motto: ‚Ist nicht so schlimm, dass in Frankfurt noch keine kommerziell erhältlichen E-Autos aus Deutschland zu sehen sind.' Und tatsächlich: E-Autos waren zwar als Eyecatcher und in einigen grünen Ecken präsent, aber ein technologischer Durchbruch sieht anders aus. IW-Verkehrsexperte Thomas Puls erklärte denn auch: „Wir werden mehr eine Evolution als eine Revolution erleben."

Daraus lässt sich also schließen, dass für bisher eher zweitklassige Autobauer wie Renault und Mitsubishi und auch Quereinsteiger jetzt die Gelegenheit gekommen ist, sich zu profilieren. Die vermeintlich erstklassigen Großkonzerne hingegen treiben eine neue Technologie demnach nur solange voran, wie sie noch weit genug entfert von der Markteinführung ist. *Sven Geitmann*

so dass eine Gesamtreichweite von bis zu 600 km möglich wäre. Auf den Markt soll dieses Modell frühestens 2014 kommen.

Bei der Kleinwagenmarke *Smart* rankte sich alles um den mittlerweile in der dritten Entwicklungsgeneration vorliegenden *smart fortwo electric drive.* Ab Mitte kommenden Jahres soll dieser erhältlich sein, und zwar für überschaubare 16.000 Euro, wobei eine Monatsmiete von 60 Euro für die Batterie hinzukommt. Für Annette Winkler, die neue Marken-Chefin, ist dieser Stadtwagen „ein Auto, das die Welt verändern kann." Außerdem zeigte Daimler das mit BASF gemeinsam entwickelte Konzeptfahrzeug *smart forvision.* Dieses verfügt über flexible, semitransparente organische Solarzellen auf dem Dach, die die Fahrzeugelektronik mit Strom versorgen.

Volkswagen zeigte vor zwei Jahren die erste Version vom *up!,* der dieses Jahr als 3-Zylinder-Verbrenner auf den Markt kommen wird. Ab 2013 soll er dann auch elektrisch erhältlich sein (Reichweite: 140 km). Ein potentieller Käufer sagte angesichts des *E-up!:* „Mein nächstes Auto … in zehn Jahren oder so." Praktische Erfahrungen konnten IAA-Besucher mit dem *Golf-blue-e-motion* sammeln. Ebenso wie der *Opel Ampera* war dieser auf dem Messegelände als Taxi unterwegs. Nie auf die Straße gelangen wird wahrscheinlich *Nils,* das als Einsitzer speziell für Pendler konzipierte Alu-Leichtbau-Modell (24 kW). Audi präsentierte den *A2 concept.* Das rein elektrisch angetriebene Show-Car ist zwar nur 3,80 m lang, passt aber dank diverser Extras dennoch in die Rubrik Luxuswagen. Falls es auf den Markt kommt, dann nicht vor 2016.

FORTSCHRITTE VON KLEINUNTERNEHMEN Die extra eingerichtete Elektromobilitäts-Halle, die zumindest medial als Zugpferd für die diesjährige IAA diente, zog deutlich weniger Besucher an als die Hallen mit Premiummarken. Ausrufe wie „Woohhh, hoah, hoah, geil!" aus dem Mund eines Sechsjährigen hört man nur angesichts konventioneller Luxussportwagen. Dafür zeigte sich jedoch in Halle 4, dass viele Innovationen und wirkliche visionäre Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität eher von den Kleinunternehmen und Hochschulen ausgehen, so wie beispielsweise das *BOmobil* (s. HZwei April-Heft 2010). Die Hochschule Bochum zeigte das Skateboard dafür, also den Unterboden dieses Elektrokleintransporters (max. 130 km/h, Reichweite: 150 km). Parallel dazu präsentierte die TU München erstmals ihr aus dem Forschungsprogramm TUM Energy hervorgegangenes Elektrofahrzeug *MUTE* (s. HZwei April-Heft 2011). Dieser Zweisitzer besitzt einen Lithium-Ionen-Akku für eine Mindestreichweite von 100 km sowie eine Zink-Luft-Batterie als Range-Extender.

Großes Interesse insbesondere von Kleinfamilien zog der *Mia* auf sich. Dieser elektrisch betriebene Kleinbus mit Schiebetür ist in verschiedenen Ausführungen mit drei oder vier Sitzen und auch mit einem Sitz als Transporter erhältlich. Standardmäßig verfügt er über eine 8-kWh-Batterie und kann ab 19.500 Euro sofort bestellt werden. Die Auslieferung soll ab Sommer 2012 erfolgen.

PRO UND KONTRA Matthias Wissmann, Präsident des Verbandes der Automobilindustrie (VDA), freute sich: „Die *64. IAA Pkw* hat mehr Weltpremieren, mehr Aussteller und mehr Fläche. Mit 235.000 m² Ausstellungsfläche liegen wir deutlich über der IAA 2009 mit 195.000 m² und übertreffen sogar das sehr hohe Niveau der IAA 2007 mit 225.000 m². Die Ausstellerzahl hat sich gegenüber 2009 (781) um gut ein Viertel erhöht." Dieses Mal erschienen 1.012 Institutionen. Auf der Besucherseite stiegen die Zahlen von 800.000 (2009) auf 928.000.

Nicht ganz so erfreut zeigte sich wieder mal der VCD, der das Messemotto „Zukunft serienmäßig" als irreführend bemängelte: Sowohl bei der Hybridtechnik als auch bei der Elektromobilität habe Deutschland den Trend verschlafen. Michael Müller-Görnert, VCD-Referent für Verkehrspolitik, sagte: „Spritspartechniken gehören serienmäßig in alle Modelle. […] Die Politik darf nicht mehr auf das Gejammer der Autoindustrie hereinfallen, sondern muss Klima- und Ressourcenschutz in den Vordergrund stellen." ||

AM RANDE NOTIERT

Überhitzung: Grundsätzlich bescheinigte der TÜV SÜD: „Ladesysteme sind technisch reif." Gleichzeitig wies jedoch Volker Blandow, Leiter der Sparte E-Mobility, darauf hin, dass beim Laden von E-Autos an der heimischen Steckdose Vorsicht geboten ist: „Bei einem üblichen Ladevorgang eines Elektroautos fließen 13 Ampere über zehn Stunden." Blandow verwies darauf, dass es bei älteren Installationen aus den Jahren vor 1960, die nur bis 12 A abgesichert sind, zu Überhitzung kommen kann.

Steckerfrage: Horst Schneider, Vorstandsmitglied der TÜV SÜD AG, begrüßte die Einigung deutscher Hersteller sowie des Europäischen Herstellerverbands ACEA auf Typ-2-Stecker als einheitlichen Standard für Ladesysteme: „Die Einheitlichkeit in dieser Frage schafft eine sichere Entwicklungsgrundlage für die Hersteller und sorgt für eine Beschleunigung des Entwicklungstempos."

Großauftrag: Die Deutsche Post gab bekannt, dass sie gemeinsam mit der Streetscooter GmbH ein elektrisch betriebenes Zustellfahrzeug entwickeln wolle. Gemeinsam mit namhaften Forschungs- und Industriepartnern soll ein Konzept für ein zukunftsweisendes Elektroauto speziell für die Brief- und Paketzustellung konzipiert werden. Bis Herbst 2012 soll ein fahrbereiter Prototyp fertig sein. Anschließend könnte ein Großauftrag zur Serienfertigung folgen.

Klangwelt: Renault hat zusammen mit dem Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM) eine akustische Signatur für Elektrofahrzeuge entwickelt. Kunden können zwischen verschiedenen Klängen wählen, je nachdem, ob das Fahrzeug beispielsweise gewerblich oder privat unterwegs ist: „Um den Sound so informativ wie möglich zu gestalten, variiert er je nach Fahrgeschwindigkeit. Bei starker Beschleunigung wird der Klang heller und erinnert an einen Atemhauch. Beim Bremsen kommt eine Komponente hinzu, die den Wind simuliert."

EM-Motive: Im Vorfeld der IAA wurde bekannt, dass Daimler und Bosch ein neues Joint-Venture gegründet haben. Mitte Juni unterschrieben die Konzernlenker die Verträge für das Gemeinschaftsunternehmen EM-motive GmbH, dessen Ziel die Entwicklung, die Produktion und der Vertrieb von Elektromotoren ist. Der Produktionsstart ist für 2012 geplant. Die neue Generation des smart fortwo electric drive soll dann mit diesen Motoren ausgestattet werden.

Konferenz: Der VDA veranstaltete am 21. September erstmals den Fachkongress Elektromobilität, zu dem rund 500 Teilnehmer erschienen. Wissmann sagte dazu: „Dieser Kongress beleuchtet das gesamte Ecosystem Elektromobilität."

Jugend: Insbesondere bei der nachwachsenden Generation muss noch viel Aufklärungsarbeit geleistet werden. Das aktuelle Meinungsbild hört sich so an: „Ej, Alter, guck ma', 'n Elektroauto!" „Ej, Mann, Elektroauto is' scheiße! Muss'du acht Stunden laden, Mann, ej!"

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

„DER NÄCHSTE SCHRITT“

Daimler präsentiert BZ-Luxuslimousine F 125!

Nachdem Elektromobilität bereits auf der IAA 2009 ein zentrales Thema darstellte, war frühzeitig klar, dass auch in diesem Jahr Elektrofahrzeuge in Frankfurt einen Schwerpunkt bilden werden. Nicht ohne Grund erhielten sie dieses Mal eine eigene Halle. Umso überraschender war es da, dass letztlich aber kein Batterieauto für die größten Schlagzeilen sorgte, sondern ein Brennstoffzellenauto. Wieder einmal überraschte Daimler mit einem spektakulären Auftritt in der Frankfurter Festhalle und präsentierte erstmalig sein neustes Forschungsfahrzeug: den *F 125!*.

Daimler-Chef Dr. Dieter Zetsche nannte den silberfarben glänzenden Sportwagen fast poetisch „ein Auto mit zwei Flügeln für vier Personen mit 1.000 Kilometern Reichweite und ohne Emissionen.“ Es handelt sich hierbei um ein Plug-in-Hybridfahrzeug. *F* steht dabei für Forschungsfahrzeug, die 125 spielt auf das 125. Jubiläum des Automobils an. Zetsche erklärte angesichts dieses großen, 1,7 t schweren Luxusfahrzeugs: „Das ist der nächste Schritt: die Limousine.“

NUR DAS NEUSTE Zetsches Motto lautete auf der IAA: „Wasserstoff ist heute das bessere Öl. Und deshalb ist es Zeit für einen Ölwechsel.“ Er baut deswegen auf ein neues H_2-Speicherkonzept. Nach Vorstellung von Daimler könnte der Wasserstoff beispielsweise bei nur 30 bar in einem Feststoffspeicher eingebunden sein. In Frage kämen dafür so genannte *MOFs* (Metal Organic Frameworks, s. HZwei-Heft Apr. 2011), die bereits im Jahr 2003 unter dem Begriff „Nanowürfel“ (Nanocubes) als potentielle H_2-Speicher angekündigt wurden. Dies sind poröse Metallstrukturen, die durch organische Moleküle zusammengehalten werden. Die spezielle Anordnung ergibt viele offene Poren und Kanäle, so dass die Stoffdichte dieses Festkörpers mit 0,59 g/cm^3 extrem niedrig liegt, die innere Oberfläche aber extrem groß ist. Ziel der Stuttgarter Entwickler ist hierbei, das Tankvolumen zu reduzieren und den Speicher flexibel in die Karosseriestruktur zu integrieren, damit dann doppelt so viel Kraftstoff wie bisher transportiert werden kann. Dr. Christian Mohrdieck von Daimler erklärte: „Wir müssen die Tanks viel stärker mit dem Fahrzeug verheiraten.“

Bei der Brennstoffzelle handelt es sich um nochmals in der Effizienz verbesserte Systeme. Kombiniert werden soll deren Stromausbeute mit der elektrischen Energie aus Akkumulatoren der nächsten Generation, beispielsweise neuartigen Lithium-Schwefel-Hochleistungsbatterien, die sich hinter den Rücksitzen der Leichtbaukarosse befinden. Ziel ist, eine um das Zweifache höhere Kapazität (10 kWh, 350 Wh/kg) zu erlangen. Gemeinsam sollen beide Energiespeicher den Sportwagen mit Hilfe von vier Radnabenmotoren über rund 1.000 km antreiben können (230 kW_{max}, 3.440 Nm_{max}, 0-100 km/h in 4,9 sec., 2,7 l_{H2} auf 100 km).

Die hier angesprochenen Techniken sind heute allerdings noch nicht marktreif. Mohrdieck sprach deswegen von einem „visionären Ausblick im Luxussegment“ und „Technologien von übermorgen“, die frühestens in der übernächsten S-Klassen-Generation Anwendung finden werden. Eine Leichtbauweise mit faserverstärkten Kunststoffen entspricht zwar bereits dem heutigen Entwicklungsstand, ein vollständig in die Karosserie integrierter MOF-Wasserstoffspeicher und eine Lithium-Schwefel-Batterie sind jedoch noch Zukunftsmusik. Vorerst wird dieser Flügeltürer also die Autoindustrie noch nicht revolutionieren, denn in seinem Namen *F 125!* steckt noch eine weitere Zahl: die 25. Vor 2025 wird dieses Zukunftsauto laut Daimler nicht zu realisieren sein. Aber der *SLS AMG E-Cell* (s. u.), der bereits 2009 vorgestellt wurde, soll ab 2013 in einer kleinen, exklusiven Serie gebaut werden. ||

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

OPEL BLICKT ELEKTRISCH IN DIE ZUKUNFT

Ampera ab November im Showroom

Eines der ersten zumindest teilweise elektrisch betriebenen Fahrzeuge aus Deutschland, das noch in diesem Herbst erhältlich sein soll, ist der *Opel Ampera*. 10.000 bis 12.000 Exemplare will der Autobauer von diesem Modell im nächsten Jahr verkaufen. 6.000 Bestellungen liegen bereits vor. Der Listenpreis beträgt 42.900 Euro, allerdings werden die ersten Modelle bis Ende des Jahres nur als Luxusversion ausgeliefert. Die *ePionier Edition* mit Lederausstattung und Navigation-Audio-Paket kostet 48.200 Euro.

Der für vier Personen konzipierte Fünftürer mit Reichweitenverlängerung verfügt über einen 4-Zylinder-Verbrennungsmotor sowie einen 111 kW starken Elektromotor. Versorgt wird der E-Motor über eine 16 kWh fassende Lithium-Ionen-Batterie, die die Limousine über 40 bis 80 km rein elektrisch fahren lässt. Im Benzinbetrieb treibt der Verbrennungsmotor einen Generator an, der wiederum Strom für den E-Motor liefert, so dass insgesamt rund 500 km zurückgelegt werden können. Nach Herstellerangaben kommt das Hybridfahrzeug so auf einen Durchschnittsverbrauch gemäß ECE-Regelung R 101 von 1,6 l Benzin auf 100 km bei etwa 40 g CO_2 pro km. Die Beschleunigungszeit von 0 auf 100 km/h liegt dank der 370 Nm des Elektroantriebs bei 9 Sekunden.

Der Ampera hat bereits etliche Preise abgeräumt. Im September erhielt er den *ÖkoGlobe 2011* in der Kategorie *Nachhaltige Fahrzeugkonzepte*. Prof. Dr. Ferdinand Dudenhöffer erklärte bei der Übergabe dieses Umweltpreises in Karlsruhe: „Drei Argumente sprachen letztendlich für den Ampera: die zügige Vermarktung, der vernünftige Preis und nicht zuletzt die Beseitigung der Reichweitenangst."

Als eine der Ersten nahm Bundeskanzlerin Angela Merkel während ihres IAA-Rundgangs Platz in dem Hybridfahrzeug. Sie zeigte sich jedoch auch an dem Experimentalfahrzeug *RAK e*, das auf der IAA Weltpremiere feierte, interessiert. Bei diesem batterieelektrischen Zweisitzer handelt es sich um eine Zukunftsstudie, die insbesondere jungen Leuten zeigen soll, wie Mobilität in Zukunft aussehen könnte. Theoretisch, so errechneten Opel-Ingenieure, ist mit diesem Elektro-Stadtauto in Leichtbauweise eine Fahrt über 100 km für nur 1 Euro zu haben.

GESICHERTE ZUKUNFT Zukunftsängste scheint Opel derzeit nicht mehr haben zu müssen. Bereits im Vorfeld der IAA hatte der Mutterkonzern General Motors eine Garantie für seine deutsche Tochter abgegeben. GM-Vizepräsident Robert Ferguson erklärte in der Konzernzentrale Detroit, der Rüsselsheimer Autobauer werde „auf jeden Fall auch in zehn oder 15 Jahren noch zu dem Konzern gehören." Insbesondere die Entwicklungsarbeit im Bereich der Elektromobilität, die Opel in Deutschland leistet, ist für GM von Bedeutung. Ferguson sagte dazu: „Wenn Sie im Umkreis von 50 Kilometern fahren, brauchen sie nicht einen Teelöffel Benzin. Das ist die Zukunft und Opel ist mit dabei. […] Die deutschen Standorte sind ein herausragender Bestandteil unseres Konzerns und Zentren für Design und Forschung." ||

BRENNSTOFFZELLENAUTOS

Wegen der medialen Aufregung rund um die IAA fast unbemerkt hat die weltweite Brennstoffzellenautoflotte von Opel einen wichtigen Meilenstein erreicht: Sie überschritt bereits Mitte Juni die Zwei-Millionen-Meilen-Marke (3,2 Mio. km). Ein findiger Techniker berechnete, dass die zweimillionste Meile von dem „Gelben Engel" in seinem *HydroGen4*, der seit 2009 für den ADAC in Berlin im Testbetrieb ist (s. HZwei-Heft Jan. 2010), zurücklegt wurde. Die Entwicklungs-Chefin von Opel, Rita Forst, erklärte: „Wir bei Opel wären in Zusammenarbeit mit GM imstande, 2015 ein Serien-Brennstoffzellenfahrzeug auf den Markt zu bringen." […] „In der weiten Zukunft sehen wir das Brennstoffzellenfahrzeug vom Konzept her als das überlegene. Es hat keine Einschränkungen in der Fahrzeuggröße und mit ihm sind Reichweiten über 500 km zu erreichen."

Trotz dieses Erfolges zeigte sich der Geschäftsführer von General Motors, Dan Akerson, eher skeptisch in Bezug auf BZ-Autos. Während eines CNN-Interviews sagte er Ende Juli 2011: „Das Auto ist immer noch zu teuer und wird vermutlich bis in die 2020er-Jahre nicht praktikabel sein."

sera®

Die Zukunft fährt Wasserstoff

Und wir sorgen für einen vollen Tank

Um zukunftsträchtige Energieträger wie Wasserstoff für unseren mobilen Alltag nutzbar zu machen, sind neuartige Technologien notwendig.

Innovative Kompressoren-Systeme von **sera** sorgen an Wasserstoff-Tankstellen für die Verdichtung des Gases auf den für die Betankung notwendigen Betriebsdruck. Sicher, effektiv und wirtschaftlich.

NEU: Metallmembran-Kompressoren für Drücke bis 1.000 bar!

Zweistufige **sera** Kompressorenanlage für eine Wasserstoff-Tankstelle.

sera ComPress GmbH
sera-Straße 1
34376 Immenhausen
Tel.: +49 5673 999-04
Fax +49 5673 999-05
www.sera-web.com

Excellence in compression and fluid technology

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

SYNERGIE AUF BAYERISCH

3. eCarTec in München mit Materialica und sMove360°

Die Erwartungen sind hoch: 15.000 bis 20.000 Besucher und 600 Aussteller erwartet die Neue Messe München vom 18. bis 20. Oktober 2011 in den Hallen A4, A5 und A6. Dies entspräche bei den Ausstellern einer Steigerung um mehr als 50 %, bei den Besuchern um über 20 % gegenüber dem Vorjahr, wobei in diesem Jahr zeitgleich drei Messen stattfinden: die 3. eCarTec, die 14. Materialica und – erstmalig – die sMove360°.

Die ersten beiden Jahre der Internationalen Leitmesse für Elektromobilität stießen auf gute Resonanz, so dass berechtigterweise auch weiterhin von einer positiven Entwicklung ausgegangen werden kann. Waren 2009 zunächst 195 Aussteller in München, kamen 2010 bereits 385. Dieses Jahr könnten es nochmals rund 200 mehr sein. Da zudem noch die 1. Internationale Fachmesse für Smart Car Communications stattfindet, hofft der Veranstalter, die MunichExpo, auf noch mehr ausländische Teilnehmer. Als besonders reizvoll erachten die Bayern die Synergie-Effekte zwischen den drei Messen, die insbesondere die Automobilbranche ansprechen, aber eben auch Telematik und Kommunikation sowie Werkstoff- und Oberflächentechnik thematisieren.

Die Teststrecke für Elektrofahrzeuge, die bereits im letzten Jahr sehr gut besucht war, soll dieses Mal noch größer sein (> 1.000 m), damit noch mehr Besucher die Möglichkeit erhalten, eines der etwa 100 Elektrofahrzeuge ausprobieren zu können. Robert Metzger, Geschäftsführer der Munich-Expo und Veranstalter der eCarTec, erklärte: „Mit der *eCar-LiveDrive* wollen wir den Automobilherstellern eine Plattform zur Verfügung stellen, um den Endverbraucher direkt vom Elektrofahrzeug zu überzeugen."

Über die Hintergründe der dort präsentierten Technologien informiert der 3. Internationale eCarTec-Kongress für individuelle Elektromobilität, der am 18. und 19. Oktober in Kooperation mit Bayern Innovativ stattfindet. Außerdem hält die ZVEI an allen drei Vormittagen das *Forum Blue* ab, bei dem Aussteller über aktuelle Entwicklungen wie beispielsweise die interaktive Ladestation mit regionalen Tourismusinformationen (s. Foto) berichten werden. Für Messebesucher ist die Teilnahme kostenlos. Und natürlich werden auch wieder die mit insgesamt 52.500 Euro dotierten *eCarTec Awards* verliehen. Bei der *Night of eMotion* wird Martin Zeil, Staatsminister für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, diese Bayerischen Staatspreise am Abend des 18. Oktober für die besten Projekte rund ums Thema Elektromobilität übergeben. ||

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

EINE VISION WIRD REALITÄT

Better Place eröffnet Wechselstationen in Dänemark und Israel

Better Place scheint jetzt wirklich ernst zu machen. Während etliche Kritiker aus Deutschland das Konzept der Batteriewechselstationen nach wie vor für unrealistisch halten, hat das kalifornische Start-up-Unternehmen jetzt seinen Ankündigungen Taten folgen lassen: Am 28. Juni 2011 weihte Better Place seine erste Akku-Wechselstation in Europa ein. Nachdem die vorherigen Versuche einer Testanlage in Tokio erfolgreich verlaufen waren, befindet sich nun auch bei Kopenhagen eine Wechselstation, an der innerhalb von fünf Minuten ein leerer Akku gegen einen vollen ausgetauscht werden kann. 19 weitere Standorte in Dänemark sollen bis zum Frühjahr 2012 folgen.

Shai Agassi, der Gründer und Geschäftsführer von Better Place, hatte bereits bei der ersten Vorstellung seines Batteriewechselkonzepts grundlegende Veränderungen im Mobilitätssektor angekündigt. Seitdem teilt sich seine Zuhörerschaft in zwei Lager: in die Anhänger, die er mit seinen visionären Plänen in seinen Bann ziehen konnte, und die Skeptiker, die seine Ideen als nicht umzusetzende Spinnereien abtun. Das Faszinierende dabei ist aber, und das müssen selbst seine Kritiker eingestehen, dass es ihm bisher stets gelungen ist, seine Vorhaben im angekündigten Zeitrahmen in die Tat umzusetzen. Allein die Tatsache, dass dieser Umstand in der Mobilitätsbranche besonders hervorgehoben werden muss, spricht Bände.

MIT GROSSEN SCHRITTEN Die Einweihung der ersten europäischen Wechselstation in Gladsaxe am Stadtrand von Dänemarks Hauptstadt stellt einen weiteren Meilenstein in der bisherigen Erfolgsgeschichte des stetig wachsenden Unternehmens dar. Zuvor hatte das Unternehmen aus Palo Alto ab April 2010 einen mehrmonatigen Pilotversuch mit bis zu drei Elektrofahrzeugen in Tokio durchgeführt und dort gemeinsam mit Nihon Kotsu, Tokios größtem Taxiunternehmen, demonstriert, dass 87 % der Fahrgäste ein elektrisches Taxi gegenüber einem konventionellen bevorzugen. Außerdem wurde dort die erste Batterie-Wechselstation im Alltag erprobt. Die durchschnittliche Dauer für einen Akkuwechsel betrug weniger als eine Minute. Normalerweise dauert dies rund fünf Minuten.

Wechselstation in Dänemark [Quelle: Better Place]

Dann im März dieses Jahres weihte das Unternehmen, das sich mehr als Mobilitätsdienstleister denn als reine Elektromobilitätsfirma sieht, sein Better *Place Center* in Hellerup, Dänemark, ein. Renault verkündete zudem, in dem skandinavischen Land seinen *Fluence Z.E.* in der *Prime-Time*-Ausführung für 27.496 Euro (inkl. Steuern) ab Herbst 2011 anbieten zu wollen. Shai Agassi erklärte dazu: „Dies ist heute ein wichtiger Schritt vorwärts für Better Place zur Vorbereitung des Markteintritts unseres Gesamtpakets in Dänemark Ende des Jahres." Philippe Klein von Renault fügte hinzu: „Renault will mit seinen vier Elektrofahrzeugen, die ab Herbst 2011 verkauft werden, die europäische Automobilindustrie anführen auf dem Weg zu einer Null-Emissionen-Mobilität. Der Fluence Z.E. wird das erste Elektrofahrzeug mit praktisch keiner Reichweitenlimitierung sein." Zur Rolle von Deutschlands nördlichem Nachbarn sagte er: „Dänemark ist mit seinem starken Umweltbewusstsein und seiner positiven öffentlichen Haltung gegenüber sauberen Fahrzeugen ein sehr wichtiger Markt für Renault."

Johnny Hansen, der erst im März 2011 zum Geschäftsführer von Better Place Dänemark ernannt worden war, erklärte: „Ich bin davon überzeugt, dass wir mit unserem Batteriewechselmodell die letzten Barrieren für den kommerziellen Durchbruch des Elektroautos überwunden haben: Die Reichweite. Bei dem Interesse, das wir bisher erzielt haben, gehe ich davon aus, dass dies in nur wenigen Jahren das am besten verkaufte Auto in Dänemark sein wird."

In Israel ist ebenfalls im März 2011 eine erste Batteriewechselstation eröffnet worden. In Kiryat Ekron, nahe Tel Aviv, steht die erste von zunächst neun Stationen, die in diesem Jahr errichtet werden sollen. Insgesamt sollen es in Israel 40 Stück werden. Die ersten 200 Ladestationen in Parkhäusern wurden ebenfalls bereits installiert, und 10.000 Personen haben sich schon auf die Interessentenliste für E-Fahrzeuge in Israel setzen lassen. Agassi sagte bei der Einweihung: „Diese Vision war vor drei Jahren nichts als eine Vision. Jetzt ist sie real."

UND DEUTSCHLAND SCHAUT ZU Auch Australien zählt – mit Kalifornien und Hawaii – zu den ersten Testregionen. Better Place vereinbarte erst diesen Sommer gemeinsam mit Renault eine strategische Allianz für den südlichen Kontinent. Noch Ende des Jahres wird das kalifornische Unternehmen dort mit dem Aufbau der benötigten Infrastruktur beginnen. Im Sommer 2012 sollen dann die ersten Fahrzeuge für Kunden in Canberra vor Ort sein, und ab 2013 soll in der australischen Hauptstadt das weltweit größte Netzwerk zur Aufladung von Elektrofahrzeugen entstehen.

In Europa setzen neben Dänemark, wo der erste konkrete Schritt bereits getan wurde, auch die Verkehrsminister von fünf weiteren Ländern auf diese neue Technik. Belgien, Luxemburg, Österreich, Spanien und die Niederlande wollen ebenfalls Wechselstationen aufbauen. Im Rahmen eines von der Europäischen Kommission geförderten E-Fahrzeug-Projektes *(Greening European Transportation Infrastructure for Electric Vehicles)* haben sich insgesamt acht europäische Institutionen zusammengetan, um ein intelligentes Transportsystem mit Wechselstationen und Ladepunkten zu analysieren, zu testen und zu installieren. Die Wechselstation in Kopenhagen war erst der Auftakt für dieses Projekt. Eine weitere Anlage soll noch in Amsterdam entstehen, bevor dann ein Netz mit weiteren Standorten über West-Europa ausgebreitet wird. Der Strom für dieses mit 4,95 Mio. Euro geförderte Vorhaben, das zweieinhalb Jahre laufen wird, soll aus erneuerbaren Energien kommen.

Deutschland beschränkt sich bei diesem Thema indessen auf eine Außenseiterrolle. Abgesehen von Forschungsarbeiten am Projekt *Grid-Surfer* von Next Energy, dem EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e. V. (näheres dazu folgt im HZwei Januar-Heft 2012), haben deutsche Firmen Shai Agassi bisher abblitzen lassen. Als kleinen Bonbon erhielt Agassi in Mannheim am 24. Juli 2011 lediglich den ersten jemals verliehenen *Bertha-und-Carl-Benz-Award.* Dieser Preis wurde ihm für seine Dienste, die er bereits der Elektromobilitätsbranche geleistet hat, überreicht. Dr. Peter Kurz, der Oberbürgermeister der Stadt Mannheim, sagte: „Shai Agassi kombiniert Visionen und Innovation mit technischem Können sowie unternehmerischer Erfahrung. Darüber hinaus treibt ihn eine starke Verantwortung, die Herausforderungen beim Klimaschutz zu meistern." Dass sich dies auch beim heutigen Ölpreis schon lohnt, rechnete Amit Yudan, Leiter des Europageschäfts, während der *Clean Tech Insights* in Berlin vor: In Dänemark liegt der Preisvorteil eines Renault Fluence gegenüber einem Dieselfahrzeug bei 10 bis 20 %. ||

Abb. 1: Abschlussveranstaltung des Hychain-Mini-Trans-Projektes in Herten [Quelle: HyChain Mini-Trans]

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Stefan Garche

EUROPÄISCHER GROSS-FELDTEST

Projektabschluss von HyChain Mini-Trans

Nach sechs Jahren endete am 30. Juni 2011 die Laufzeit des EU-Projekts *HyChain Mini-Trans,* bei dem in vier europäischen Regionen (Frankreich, Italien, Spanien und Deutschland/NRW) Brennstoffzellenfahrzeuge entwickelt und erprobt wurden. Parallel dazu wurde der Aufbau einer entsprechenden Wasserstoffinfrastruktur in die Wege geleitet. Die Projektmittel hierfür beliefen sich auf insgesamt 38 Mio. Euro, wovon allein 17 Mio. Euro Förderung von der Europäischen Union kamen.

Das HyChain-Mini-Trans-Projekt zielte darauf ab, so genannte frühe Anwender (engl.: early adopters) für wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen im Transportsektor zu fördern. Es galt zudem, Einsatzgebiete zu finden, in denen der Markt die besten Möglichkeiten bietet, auch über diese Initiative hinaus nachhaltig zu wachsen. Um dies zu erreichen, folgte HyChain einem Vier-Phasen-Konzept:

1. Optimierung von fünf bestehenden Prototypen von Brennstoffzellenanwendungen im kleinen Leistungsbereich hinsichtlich Konstruktion und Funktionalität
2. Aufbau vorkommerzieller Fertigungslinien mit dem Ziel, Kosten zu reduzieren und die Qualität zu verbessern
3. Einrichtung der notwendigen Logistik für die Wasserstoffverteilung und der dazu gehörigen Dienstleistungen (Transport, Vertrieb, Abgabe) auf der Basis eines einheitlichen Pfandsystems innovativer, nachfüllbarer H_2-Wechselkartuschen
4. Einsatz der Demonstrationsfahrzeuge in den vier europäischen Regionen zur Nutzung bei einer Vielzahl von kommunalen und privaten Anwendern in den beteiligten Städten

FAHRZEUG-ROADSHOW Zu den ausgewählten Fahrzeugen gehören Midibusse, leichte Nutzfahrzeuge, Scooter, Cargobikes und Rollstühle. Die Antriebsleistung umfasst einen Bereich von 250-W-Modulen für Lastendreiräder über 3 kW für kleinere Nutzfahrzeuge bis hin zu 10 kW für Midibusse. Nachdem die Projektfahrzeuge bis Ende 2008 konstruiert worden waren, wurde eine Roadshow für Interessenten in den europäischen Kommunen durchgeführt. Nach Abschluss der notwendigen Verträge wurde der Feldtest im Mai 2009 öffentlichkeitswirksam gestartet.

Im Rahmen des Projekts konnten bisher mit drei Midibussen rund 53.000 km zurückgelegt und dabei rund 70.000 Fahrgäste transportiert werden. Elf Utiliy Vehicles waren zusammen über 15.000 km im Einsatz. Die Fahrzeuge waren nicht nur in der Emscher-Lippe-Region unterwegs. Sie wurden auch in den Partnerregionen gefahren und haben dort ebenfalls zu einer positiven Entwicklung der Standorte geführt. Darüber hinaus wurde das Projekt und die Auswahl an Fahrzeugen einem breiteren Publikum auf internationalen Messen wie der Hannover Messe und der e-world Ausstellung in 2006, 2007, 2009 und 2010 vorgestellt. Auf der *World Hydrogen Energy Conference 2010 (WHEC)* in Essen wurden die Brennstoffzellenfahrzeuge bereits betrieben. Diese internationale Ausstellung bot auch Gelegenheit, die ersten Betriebsdaten der Fahrzeuge zu präsentieren.

Die Bereitstellung der Fahrzeuge und der Infrastruktur wurde ergänzt durch sozioökonomische Forschung des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH mit dem Ziel, die Wahrnehmung und Akzeptanz der Nutzer zu erfassen und die größten gegenwärtigen Barrieren zu überwinden, wie das Fehlen von Regeln und Normen, beruflicher Ausbildungsprogramme etc. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Aktivitäten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit initiiert, die darauf abzielten, die Gesellschaft verstärkt für die Technik zu sensibilisieren.

RESÜMEE NACH SECHS JAHREN Während der Abschlussveranstaltung in Herten am 28. Juni 2011 zogen alle deutschen Beteiligten, darunter die deutsche Koordinatorin WiN Emscher Lippe GmbH, die Städte Bottrop, Gladbeck, Herten und Marl, die Air Liquide Deutschland GmbH, die Hydrogenics GmbH und die Masterflex Brennstoffzellentechnik GmbH, ein positives Resümee des umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekts, der gemachten Erfahrungen und daraus abgeleiteten Perspektiven. Es hieß, die inzwischen im Praxiseinsatz bewährten Brennstoffzellenfahrzeuge seien unmittelbar „erfahrbar" gewesen. Die gesamte Wertschöpfungskette in der Metropole Ruhr sei in diesem Projekt voll zum Tragen kommen und habe schon jetzt die Kooperation zwischen den Städten und den Unternehmen weiter intensiviert.

Für Dr. Uli Paetzel, Bürgermeister der Wasserstoffstadt Herten, ist die Berührung mit dem Themenkomplex Brennstoffzelle und Wasserstoff schon zum Alltag geworden. Er sagte: „Unser langjähriges Engagement, nicht nur für die Unternehmen in Herten am Zukunftsstandort Ewald, sondern auch bei HyChain Mini-Trans, hat zur Schaffung von Arbeitsplätzen geführt, da die Unternehmen hier wertvolle Erfahrungen zur Verbesserung ihrer Produkte sammeln konnten."

Darauf verwies auch Dr. Bernd Pitschak, Geschäftsführer der Hydrogenics GmbH in Gladbeck: „Durch die gute Kooperation gerade mit den lokalen Betreibern unserer Midibusse haben wir die Entwicklung größerer Bustypen vorantreiben können. Viele Erfahrungen aus dem Alltagsbetrieb, die wir ohne die Unterstützung der Kommunen nicht hätten sammeln können, sind hier eingeflossen."

Die Air Liquide Deutschland GmbH, Infrastrukturpartner des Projekts, sieht den Wasserstoff in einer Schlüsselrolle in der Mobilität von morgen. Mit diesen Aktivitäten, insbesondere in Nordrhein-Westfalen, hat das Unternehmen beste Voraussetzungen für die Versorgung einer emissionsarmen Mobilität der Zukunft. Die Nutzung von industriellem Restwasserstoff ist neben dem Fahrzeugeinsatz auch hier ein Zukunftsthema, das weiter verfolgt wird. Schon heute befindet sich die größte Wasserstoffabfüllung in Europa im Chemiepark Marl.

PROJEKTARBEIT GEHT WEITER Vor dem Hintergrund aktueller und zukünftiger Entwicklungen und Markteinführungen von Brennstoffzellenfahrzeugen gerade im Flottenbereich gab der Moderator der Abschlussveranstaltung Dr. Andreas Ziolek, Leiter des Netzwerkes Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW der EnergieAgentur.NRW, ebenfalls einen positiven Ausblick: „HyChain Mini-Trans hat wesentlich dazu beigetragen, dass das nördliche Ruhrgebiet als Region der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie bei der EU wahrgenommen wird. Dies ist für angedachte Folgeprojekte im europäischen Rahmen eine gute Ausgangsposition."

Auch wenn HyChain Mini-Trans nun beendet ist, haben sich die Partner darauf verständigt, die angeschafften Fahrzeuge weiterzutreiben und die Midibusse, Utility Vehicles und Cargobikes nach wie vor in den Städten einzusetzen. Die Anschaffung von zusätzlichen, größeren Brennstoffzellenfahrzeugen befindet sich ebenfalls in der Planung.

Der Bottroper Oberbürgermeister Bernd Tischler erklärte: „Aufbauend auf den Erfahrungen aus den verschiedenen Projekten in Bottrop zur Erzeugung von grünem Wasserstoff und zu dessen stationärem Einsatz ist auch das Thema Mobilität mit Brennstoffzellen und Wasserstoff ein wesentlicher Bereich unserer Aktivitäten in der Umsetzung von *InnovationCity*." ||

Abb. 2: Betankung eines Midibusses mit Wasserstoff [Quelle: HyChain Mini-Trans]

→ www.hychain.org

Autor:
Stefan Garche
EnergieRegion.NRW - Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff, Düsseldorf
→ garche@EnergieAgentur.NRW.de

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

- Erstes Technologiezentrum für Firmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik
- Büroräume und Technika
- Integrierte Wasserstoffversorgung (Windstromelektrolyse)
- H2-basiertes Energiekomplementärsystem
- Meetingräume inkl. Präsentationstechnik

Ansprechpartner:
Dieter Kwapis | Frank Nosczyk | info@h2herten.de | www.wasserstoffstadt.de

[Quelle: SOH]

Thema: Elektromobilität | **Autorinnen:** Janine Mielzarek, Christine Wüst-Rocktäschel

VISIONEN BEKOMMEN RÄDER

Serie Teil 8: Modellregion Elektromobilität Rhein-Main

Das Rhein-Main-Gebiet ist ein vitaler Ballungsraum, in dem täglich hunderttausende Pendler zwischen Wohn- und Arbeitsort verkehren. Die Mobilitätsangebote umfassen unterschiedlichste Verkehrsmittel, sie sind gut vernetzt und bauen vielfach aufeinander auf. Gleichzeitig ist die erweiterte Region Rhein-Main – die Modellregion erstreckt sich bis nach Nordhessen in das Umland Kassels – geprägt von ländlicher Idylle und nur punktuellen infrastrukturellen Voraussetzungen für eine integrierte Mobilität. Somit sind diese Gegensätze der Gesamtregion eine ideale Ausgangslage, um völlig unterschiedliche Bedarfslagen von potenziellen Nutzern elektromobiler Mobilitätsangebote zu untersuchen.

Diesem integrativen Anspruch und den gegebenen Vorbedingungen trägt die Regionale Projektleitstelle Elektromobilität Rhein-Main Rechnung, indem sie nicht nur eine Vielzahl von Städten und Gemeinden, sondern auch eine Vielzahl privater und kommunalwirtschaftlicher Unternehmen sowie Energieversorger einbindet. Es wurde ferner darauf geachtet, dass in den Demonstrationsvorhaben verschiedenste Elektromobilitätsformen erprobt werden. Insgesamt koordiniert die Regionale Projektleitstelle 15 Demonstrationsvorhaben, die in unterschiedlichsten Projekten mit einer höchstmöglichen Diversität alle denkbaren Bedarfe von Nutzerinnen und Nutzern abbilden. Das Spektrum reicht dabei von Bussen im öffentlichen Personennahverkehr (Hybrid- und Elektroantrieb), Nutz- und Lieferfahrzeugen im innerstädtischen Einsatz, Pedelecs (unter anderem für die betriebliche Mobilität), einem Hybridschienenfahrzeug bis hin zu einem Roller sowie Elektrofahrzeugen für Firmenflotten und Sharing-Systeme. Im Fokus stehen zudem der Aufbau einer Infrastruktur (Normal- Drehstrom-, DC-Schnellladung, Ladung von Pedelecs, Induktion) und die Sicherung der Anschlussmobilität zum öffentlichen Nah- und Fernverkehr.

REGIONALE PROJEKTLEITSTELLE RHEIN-MAIN Angesiedelt ist die Regionale Projektleitstelle der Modellregion Rhein-Main bei der Stadtwerke Offenbach Holding GmbH (SOH). Als geschäftsleitende Holding von 14 Dienstleistungsunternehmen ist die SOH im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in einer Vielzahl von kommunalwirtschaftlichen Geschäftsfeldern tätig. Zielsetzung ist die Marktvorbereitung und die Analyse des Marktpotenzials ebenso wie die Umsetzung von beispielhaften Vorhaben der Elektromobilität, die diese relativ neue Form des „Unterwegs seins“ auch in den Köpfen der Menschen verankern und ihr eine höchstmögliche

Akzeptanz bringen soll. Die Projektleitstelle hat dabei im Wesentlichen eine Schnittstellenfunktion: Sie bringt die unterschiedlichen Projektpartner in regelmäßigen Abständen zum fachlichen Austausch zusammen und übernimmt übergeordnete Aufgaben gegenüber dem Fördergeber, sie vertritt die Region Rhein-Main bei Plattformtreffen aller Modellregionen und erarbeitet erforderliche Handlungs- und Förderberichte.

Alle im Rahmen des Bundesförderprogramms angestoßenen Projekte werden durch eine übergeordnete technische und sozialwissenschaftliche Begleitforschung betreut. Die zentrale Datenaufnahme und Datenauswertung ermöglicht neben der Vermeidung von Doppelforschung einen projektübergreifenden Zusammenschluss der Einzelvorhaben und führt nach Abschluss der Demonstrationsvorhaben zu vergleich-, verwert- und übertragbaren, sowie herstellerunabhängigen Ergebnissen der Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

HOHE PREISE ALS HEMMSCHUH Nachdem die Regionale Projektleitstelle im Jahr 2009 ihre Arbeit aufgenommen hatte, kristallisierten sich die Schwerpunkte der Tätigkeiten schnell heraus und es konnte festgelegt werden, wie die konkreten Umsetzungsziele aussehen sollen: Insgesamt werden im Förderzeitraum 552 Fahrzeuge angeschafft. Diese Zahl gliedert sich in 58 Autos, 31 Roller, 11 Transporter, 446 Pedelecs sowie 6 Busse und Hybridnutzfahrzeuge auf. Ferner werden 140 Ladepunkte aufgebaut. Bereits im Dezember 2010 lag die Umsetzungsquote dieser Vorhaben bei über 70 Prozent.

Die Erfahrungen, die die Regionale Projektleitstelle aus der Planung und Umsetzung der Projekte ziehen konnte, zeigen, dass die größte Hemmschwelle zur breiten Einführung von Elektromobilität der vergleichsweise hohe Anschaffungspreis von Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur ist. So ist eine wesentliche Erkenntnis, dass eine integrierte Betrachtungsweise der Elektromobilität in innovativen Mobilitätssystemen und intelligenten Stromnetzen, so genannten Smart Grids, unabdingbar ist, um eine hohe Anzahl von Elektrofahrzeugen einsetzen zu können. Vorraussetzung für eine nachhaltige Einführung von Elektrofahrzeugen ist in der jetzigen Phase die Schaffung einer Nutzungsmöglichkeit, das „Ausprobieren“ und hiermit die Erzeugung einer hohen Sichtbarkeit und von Vertrauen in die „neue“ Technik. So muss eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung geschaffen und die Technologie durch die Erprobung in Alltagssituationen mit den Nutzerbedürfnissen in Einklang gebracht werden.

Weiterhin zeigen erste Untersuchungen im sozialwissenschaftlichen Bereich, dass die Einwohner in Hessen ihr Mobilitätsbedürfnis zu über 90 % durch Elektrofahrzeuge abdecken könnten und in großen Teilen über eine Lademöglichkeit zu Hause oder am Arbeitsplatz verfügen. Die Herausforderung für eine Stadt der Zukunft mit ihren ortsansässigen Unternehmen ist es daher nicht nur, ordnungsrechtliche Rahmenbedingungen für den Bereich Elektromobilität zu etablieren, sondern insbesondere verstärkt Verleih- und Infrastrukturangebote mit einfachem Zugang zu kreieren. Dies betrifft einerseits Flottenlösungen in Fuhrparks von Unternehmen und andererseits Anschlussmobilitätslösungen zum öffentlichen Nahverkehr und mündet in neuen Geschäftsmodellen, damit Elektromobilität langfristig wirtschaftlich darstellbar wird. Doch gerade besagter Aspekt erweist sich momentan noch als eine Herausforderung, da hierzu eine Vielzahl von Akteuren aus den unterschiedlichsten Bereichen intensiv zusammenarbeiten muss. Um diesen Prozess voranzutreiben sind Forschungsräume wie Modellregionen und Schaufenster notwendige Plattformen, um eine fokussierte Zusammenarbeit initiieren zu können und begonnene Projektaktivitäten zu verstetigen.

Neue Leiterin: Anja Georgi [Quelle: NiO]

FORTFÜHRUNG BIS 2013 So gilt es auch in den nächsten Jahren weiter daran zu arbeiten, dass Elektromobilität in Verbindung mit nachhaltigen Lebens- und Energiewelten die wirtschaftliche Entwicklung in der Region Rhein-Main voranbringt und so die Lebensqualität der Einwohner unmittelbar durch eine Verringerung von Lärm und Schadstoffen steigert. Diese Zielsetzungen wird die Regionale Projektleitstelle auch im kommenden Förderzeitraum, der bis Ende des Jahres 2013 angesetzt ist, intensiv verfolgen. Ab dem 1. September 2011 steht die Leitstelle unter neuer Führung: Die Diplom-Kauffrau Anja Georgi, Geschäftsführerin der Nahverkehr in Offenbach GmbH (NiO) übernimmt das Amt von Volker Lampmann. Mit der Berufung der Geschäftsführerin der SOH-Tochter NiO an die Spitze der Leitstelle wird die Idee, Elektrofahrzeuge nicht nur für individuelle Mobilitätsbedürfnisse zu nutzen, sondern diese in den lokalen Mobilitäts-Mix zu integrieren und CO_2-freie Reiseketten anzubieten, konsequent fortgeführt. Derzeit werden noch konkrete Projekte geprüft, die im kommenden Förderzeitraum zur Umsetzung kommen könnten. ||

Autorinnen:

Janine Mielzarek
Projektmanagerin Regionale Projektleitstelle
Elektromobilität Rhein-Main
→ janine.mielzarek@soh-of.de

Christine Wüst-Rocktäschel
Stadtwerke Offenbach Holding
→ christine.wuest@nio-of.de

SERIE: MODELLREGIONEN
Mit diesem Bericht endet die HZwei-Serie über die Modellregionen Elektromobilität. Von Anfang 2010 an wurden jetzt quartalsweise alle acht Modellregionen des BMVBS mit ihren Aktivitäten vorgestellt. Die Ergebnisse werden auch am 29. und 30. November 2011 in Berlin im Beisein von Bundesverkehrsminister Peter Ramsauer präsentiert. Die Projektarbeit endet jedoch anders als ursprünglich geplant nicht mit Ablauf dieses Jahres, stattdessen wurde sie verlängert und werden weiterhin von der NOW koordiniert.

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Thue Sandgren Birk |

BRENNSTOFFZELLEN FÜR DEN FRIEDHOF

Mobile Stromstation für Dänemarks Gärtner

Der Holstebro-Friedhof in Dänemark ist ein Ort der Ruhe und des Friedens, so wie es jeder Gottesacker sein sollte. Für viele Besucher erscheint es daher überraschend, dass dieser Friedhof eher eine große Baustelle ist, zumindest für die Gärtner, die hart daran arbeiten, damit dieses schöne Pflanzenarrangement immer gut aussieht. Noch erstaunlicher ist, dass seit neustem trotz der vielen Arbeit kaum noch etwas zu hören ist. Das liegt insbesondere an dem neuen brennstoffzellenbetriebenen Elektrotransporter, der fast unhörbar dahingleitet und auch ganz leise Strom für die Gartenarbeit liefert.

Der *EcoMotion Truck* ist eine mobile Energiestation, die mit zwei methanolbetriebenen Hochtemperatur-PEM-Systemen (HT-PEM) arbeitet und sich bei den Gärtnern Dänemarks schon bestens bewährt hat. Erik Søvndal, der Friedhofswart, musste nicht lange überlegen, als er das Angebot bekam, den Brennstoffzellen-Truck zu testen. Er berichtete: „Wir sind der Ansicht, dass dieses Fahrzeug über drei wesentliche Vorteile verfügt: Es ist umweltfreundlich, leise und es muss nicht andauernd nachgeladen werden. Dadurch macht uns der Truck die tägliche Arbeit einfacher und ermöglicht unseren Besuchern einen ruhigen Spaziergang über den Friedhof." Er fügt hinzu, dass insbesondere die kontinuierliche Strombereitstellung, die dem ganzen Team erheblich Zeit spart, ein wesentlicher Vorteil ist: „An einigen Tagen ist mehr zu tun als an anderen, so dass wir mit unseren bisherigen Elektrofahrzeugen stets Gefahr liefen, mittags keinen Strom mehr zu haben, so dass sie nachgeladen werden mussten. Das dauerte meist vier bis sechs Stunden, und diese Zeit zu warten haben wir nicht immer. Mit der neuen Lösung brauchen wir nur Methanol nachfüllen und schon können wir wieder losfahren", erzählte Søvndal.

Die im EcoMotion Truck installierte Hochtemperatur-PEM arbeitet bei vergleichsweise hohen Betriebstemperaturen, so dass dieses System weniger anfällig gegenüber Verunreinigungen im Kraftstoff ist als eine Niedertemperatur-PEM. Diese höhere Toleranz gegenüber Kohlenmonoxid macht es möglich, dass Methanol als flüssiger Kraftstoff, der intern in ein wasserstoffreiches Gas reformiert wird, eingesetzt werden kann. Auch der Einsatz von Erdgas wäre möglich, wobei

Abb. 2: BZ-Antrieb mit zwei Serenergy-Stacks

beide Kraftstoffe einfacher handhabbar sind als zum Beispiel Wasserstoff. Weil bei diesem HT-PEM-Stack außerdem – anders als in LT-PEM-Systemen – kein Befeuchter, kein Kompressor und auch kein Heizer notwendig ist, verfügt die Anlage über eine äußert einfache Architektur. Das reduziert die Kosten und vergrößert das Anwendungsspektrum sowie den Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems, da der parasitäre Energieverbrauch niedriger, die CO-Toleranz größer und die Spanne möglicher Betriebstemperaturen weiter ist.

GRÜNER TRAUM Die Brennstoffzelle kann die im Methanol chemisch gespeicherte Energie ohne einen zusätzlichen Ausstoß von Kohlendioxid in Elektrizität und Wärme umwandeln, vorausgesetzt, dass die vorausgegangene Methanolproduktion CO_2-neutral abgelaufen ist. Dies macht diese Brennstoffzelle zu einer höchst umweltfreundlichen Alternative bei der Energieproduktion. Zudem kann ein niedriger Methanolpreis auf dem Weltmarkt die Hürde eines hohen Kraftstoffpreises eliminieren, sobald Biomethanol in größerer Menge hergestellt wird. Neue Produktionskapazitäten für CO_2-neutrales Methanol sind in Vorbereitung.

Der Projektmanager von EcoMotion, Johan Hardang Vium vom Danish Technological Institute (DTI), erklärte, dass durch die Kombination einer Brennstoffzelle mit Methanol mehr für die Umwelt erreicht wird als nur die Reduzierung der Kohlendioxid-, Kohlenwasserstoff- und Feinstaubemissionen: „Diese Technik ist besonders interessant, wenn das Methanol aus erneuerbaren Energien so wie Windkraft oder Biomasse erzeugt wird. Wenn wir Methanol nutzen, um grüne Energie zu speichern, nutzt das dem gesamten Transportsektor, da Methanol im bestehenden Verteilungsnetz problemlos gespeichert und verteilt werden kann. Dies gewährleistet die Vorteile von flüssigem Kraftstoff, während die Energie vorzugsweise mittels eines Brennstoffzellensystems umgewandelt wird."

Methanol wurde traditionell aus Holz hergestellt und wurde daher auch *Holzalkohol* genannt. Es ist ein sehr flexibler Kraftstoff, der auch mit Benzin gemischt werden kann, um die Verbrennungseigenschaften in Ottomotoren zu verbessern, aber er ist auch ein hervorragender Kraftstoff für Brennstoffzellen. Heutzutage wird Methanol hauptsächlich aus Erdgas hergestellt, aber in Zukunft werden auch erneuerbare Energiequellen so wie zum Beispiel Biomasse und Biogas, Haushaltsabfälle und Windenergie herangezogen. Tatsächlich kann beispielsweise überschüssige Windenergie als flüssiges Methanol gespeichert werden, wodurch Strom für die spätere Verwendung zwischengespeichert wird. Außerdem kann es im Transportsektor, wo flüssige Kraftstoffe mit hoher Energiedichte benötigt werden, Anwendung finden.

ERFOLGREICHER TESTBETRIEB Wurden die Brennstoffzellen erst einmal in Betrieb genommen, laden sie kontinuierlich und leise die installierten Fahrzeugbatterien. Dies ermöglichte den Gärtnern eine Betriebsdauer des EcoMotion Trucks von einer Woche (in Abhängigkeit der Nutzungsintensität), bevor der zehn Liter fassende Tank leer war. Die hohe Effizienz des Brennstoffzellensystems machte es zudem möglich, dass an dem Vehikel auch ausreichend Energie für den Energiewandler sowie für zwei installierte 230-V-AC-Anschlüsse zur Verfügung stand. Dadurch konnten die Friedhofsarbeiter auf lange Kabelrollen, die sie ansonsten beispielsweise für elektrische Heckenschweren benötigen, verzichten.

Das Versuchsfahrzeug hat aber nicht nur in Holstebro gezeigt, was es kann. Es wurde auch schon erfolgreich im Aalborger Zoo getestet, wo die Paviane ihre tägliche Mahlzeit mit dem BZ-Fahrzeug angeliefert bekamen. Außerdem hatten die Green Keeper im dänischen Odder Golf Club das Vergnügen, mit dem EcoMotion Truck das Grün zu mähen. Und bei einer großen dänischen Musikveranstaltung, dem Skanderborg Festival, war das Fahrzeug für den Transport von Musikern und Material zwischen den verschiedenen Bühnen zuständig.

Abb. 3: Der neue EcoMotion MaxiTruck für Holstebro [Fotos: OK]

REIN DÄNISCHE PARTNERSCHAFT Mitgewirkt an der Entwicklung dieses Brennstoffzellenfahrzeugs haben insgesamt vier dänische Unternehmen, die sich im EcoMotion Konsortium zusammengetan haben. GMR maskiner A/S war für die Konstruktion des Trucks und die Integration der Brennstoffzelle zuständig. Das Energieunternehmen OK lieferte Kraftstoff und Logistik. Serenergy A/S übernahm die Entwicklung und Produktion dieses weltweit ersten kommerziell erhältlichen mobilen RMFC-Systems (reformed methanol fuel cell), das auf HT-PEM-Technik basiert. Das Danish Technology Institute kümmerte sich um die Projektkoordination, Tests und Datenerfassung.

Die ersten Schritte für dieses Projekt wurden im Jahr 2003 von GMR maskiner unternommen, indem zunächst die Möglichkeiten ausgelotet wurden, wie am ehesten ein robustes, kundenfreundliches, zukunftsweisendes Arbeitsgefährt entwickelt werden kann, das in oberster Priorität keinen nachteiligen Einfluss auf die Umwelt hat. In seiner heutigen Form mit der Unterstützung durch die Dänische Energieagentur und den Dänischen Entwicklungsfonds (EUDP, EnergiTekMidt) besteht das EcoMotion-Konsortium erst seit 2010.

Der EcoMotion-Prototyp-Truck ist das erste voll funktionstüchtige Produkt dieser Partnerschaft. Vier neue Modelle, *EcoMotion MaxiTruck* mit Vierradantrieb (s. Abb. 3), werden derzeit im Rahmen des Projekts aufgebaut. Eines geht im November an den Aalborger Zoo, eines wird derzeit spezielle für den Gepäcktransport am Billund Airport zusammengebaut. Das erste jedoch ging bereits an die Gärtner-Crew vom Holstebro Friedhof, die so begeistert von dem Konzept war, dass sie sogleich ein eigenes Exemplar bestellt hatte. Es wurde noch im September 2011 ausgeliefert. ||

Autor:

Thue Sandgren Birk
OK, Viby, Dänemark
→ tsb@ok.dk

übersetzt von Sven Geitmann

Hamburger Brennstoffzellenbusse vor dem Rathaus [Quelle: Hochbahn]

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

CEP WÄCHST WEITER

Hanseaten fahren fortan mit dem ‚SauberBus'

Die Clean Energy Partnership (CEP) hat in den vergangenen Monaten weiter an Größe gewonnen: Am 17. August 2011 erhielt die Hamburger Hochbahn AG insgesamt vier Brennstoffzellenhybridbusse der neusten Generation. Am 5. September übergab Mercedes-Benz 20 Elektroautos an Unternehmen sowie Behörden in der Hansestadt, und nur drei Tage später trat Hessen als weitere Versuchsregion der Initiative bei. Zuvor hatte Shell bereits eine neue Wasserstofftankstelle in der Bundeshauptstadt in Betrieb genommen.

Was zunächst als rein auf Berlin beschränktes Testvorhaben begonnen hatte, erstreckt sich mittlerweile bis weit in den Westen der Bundesrepublik. Hamburg ist schon lange als H_2-Hauptstadt Europas gut etabliert, und neben Nordrhein-Westfalen sowie Baden-Württemberg werden zukünftig auch in und um Wiesbaden vermehrt Brennstoffzellenautos umherfahren.

ÜBERGABE AUFM FISCHMARKT In Bezug auf praktische Erfahrungen im Umgang mit H_2-Fahrzeugen ist Hamburg europaweit führend. Nirgends fahren mehr BZ-Modelle durch die Straßen. Nachdem bereits über mehrere Jahre hinweg bis zu neun brennstoffzellenbetriebene Busse an Elbe und Alster im Einsatz waren, wurden diese jetzt im Rahmen des mit zehn Millionen Euro geförderten Projektes *NaBuZ demo* (Nachhaltiges Bussystem der Zukunft) durch neu konzipierte Modelle ersetzt. Insgesamt vier *Citaro Fuel-CELL-Hybridbusse* händigte Mercedes-Benz an die Hamburger Verkehrsbetriebe aus. Drei weitere Exemplare sollen im kommenden Jahr folgen. Olaf Scholz, Erster Bürgermeister der freien Handels- und Hansestadt, sagte anlässlich der Fahrzeugübergabe auf dem Fischmarkt: „Zukunftssichere Antriebssysteme, die ohne fossile Brennstoffe auskommen, sind keine Zukunftsmusik, sondern Realität."

Die so genannten *SauberBusse* (s. Foto, vor dem Hamburger Rathaus) sind mit zwei Radnabenmotoren (je 60 kW) ausgestattet, die über einen Hybridantrieb mit Energie versorgt werden. Zur Stromerzeugung und Speicherung stehen zwei 70-kW-Brennstoffzellenmodule zur Verfügung, die für eine Lebensdauer von mindestens sechs Jahren oder 12.000 Betriebsstunden ausgelegt sind. Darüber hinaus sind wassergekühlte Lithium-Ionen-Batterien (250 kW) installiert, die über ein Rekuperationssystem Bremsenergie zurückgewinnen können. Auf diese Weise soll der Verbrauch gegenüber den Vorgängermodellen auf die Hälfte (10 bis 14 kg H_2 pro 100 km, 7 GH_2-Tanks mit insg. 35 kg auf dem Dach) gesenkt werden. Heinrich Klingenberg, Geschäftsführer der projektbegleitend aktiven hySolutions GmbH, erklärte gegenüber HZwei: „Vorher hatten wir konventionelle Busse, in die ein Brennstoffzellensystem eingebaut worden war. Diese neue Generation ist speziell auf die Vorteile der Brennstoffzelle ausgelegt."

Der Hauptvorstand der Hamburger Hochbahn, Günter Elste, sagte: „Es ist das Ziel der Hochbahn, ab dem kommenden Jahrzehnt nur noch emissionsfreie Busse mit elek-

Berliner Wasserstofftankstelle am Sachsendamm [Quelle: CEP]

trischem Antrieb anzuschaffen. Die Inbetriebnahme dieser neuen Busgeneration ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg in die Elektromobilität." Seine Vision ist, dass „die Brennstoffzelle dann mittelfristig den Dieselmotor in den Bussen ersetzen könnte. Wenn dann noch der Wasserstoff aus Windenergie in Schwachlastzeiten produziert wird, haben wir die emissionsfreie Mobilität der Zukunft erreicht."

Drei Wochen später wurden 20 weitere Elektrofahrzeuge von dem Stuttgarter Automobilkonzern übergeben und zwar Pkw *(B-Klasse F-CELL, A-Klasse E-CELL)* sowie Transporter *(Vito E-CELL, Atego BlueTec Hybrid)*. Zu den zukünftigen Testfahrern zählen neben nachhaltig engagierten Hamburger Unternehmen auch Wirtschaftssenator Frank Horch sowie Handelskammer-Hauptgeschäftsführer Prof. Hans-Jörg Schmidt-Trenz. Senator Horch erklärte: „Die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie ist ein für den Standort Hamburg ungemein wichtiger technologischer Pfad [...]. Auch wir übernehmen heute hier ein Brennstoffzellenfahrzeug, das das mittlerweile 25. bei Senat, Behörden, Landesbetrieben oder städtischen Unternehmen eingesetzte Elektrofahrzeug ist."

HESSEN MACHT MIT Als neuer assoziierter Partner stieß am 8. September 2011 Hessen zur CEP dazu. Anlässlich der Beitrittsfeierlichkeiten kam die Landesumweltministerin Lucia Puttrich nach Wiesbaden, von wo aus Umwelt-Staatssekretär Mark Weinmeister einen Konvoi von Brennstoffzellenfahrzeugen nach Frankfurt führte. Dort wurde er von der dortigen Oberbürgermeisterin Petra Roth in Empfang genommen.

Hessen plant zunächst bis zum Ende der CEP-Laufzeit im Jahr 2016 verschiedene Energietechnologieprojekte zum Ausbau der H_2-Infrastruktur und zur Erprobung der BZ-Technik im Rhein-Main-Gebiet. So ist beispielsweise geplant, zunächst 20 Brennstoffzellenautos von drei verschiedenen Herstellern zu testen. Das Umweltministerium wird eines davon über einen Zeitraum von drei Jahren nutzen. Außerdem soll zusätzlich zu der ersten öffentlichen Wasserstoffstation in Höchst bei Infraserv eine weitere Tankstelle in Frankfurt am Main errichtet werden. NOW-Chef Klaus Bonhoff fasste diese Entwicklung kurz zusammen mit den Worten: „Die CEP wächst."

NEUE BERLINER H_2-STATION Bereits am 20. Juni 2011 hatte die Shell Deutschland Oil GmbH ihre deutschlandweit erste H_2-Demonstrationsanlage am Sachsendamm in Berlin-Schöneberg eröffnet. Zur Einweihung nahmen der CEP-Vorsitzende Patrick Schnell, Dirk Inger vom Bundesverkehrsministerium, NOW-Geschäftsführer Dr. Klaus Bonhoff sowie Dr. Peter Blauwhoff, Vorsitzender der Geschäftsführung von Shell Deutschland, die erste offizielle Betankung vor. Für die Bundeshauptstadt ist dies die dritte fest bei einer konventionellen Tankstelle installierte H_2-Befüllungsstation. Sie verfügt über eine ausreichende Kapazität für rund 250 mögliche Betankungen am Tag. Zunächst wird sie jedoch vorwiegend für Demonstrations- und Forschungszwecke mit vorerst einem Dutzend Befüllungen pro Tag eingesetzt. Der von Linde zur Verfügung gestellte Wasserstoff ist grün zertifiziert, ursprünglich stammt er jedoch aus der Linde-Pilotanlage in Leuna, die auf Basis von Rohglycerin arbeitet.

EIN SCHÖNER TOD Gegenüber der Autogazette erklärte Patrick Schnell: „Das Thema Wasserstoffantrieb wird in Zukunft wieder an Fahrt aufnehmen." Ab 2015 rechnet er mit dem Einsatz von BZ-Serienfahrzeugen: „2016 wird der Wettbewerb einsetzen mit den üblichen Streitereien zwischen Automobilherstellern und Kraftstoffanbietern. Der Tod der CEP ist also vorprogrammiert. Aber wenn das passieren würde, wäre es ein schöner Tod." ||

BMW i – LEICHT UND SAUBER

Die Bayerischen Motorenwerke hatten bereits im Vorfeld der IAA ihre Vision einer zukünftigen Mobilität unter der neuen Submarke *BMW i* vorgestellt und zeigten in Frankfurt auch nur diese, keinen E-Mini oder dergleichen. Ende Juli 2011 präsentierten die Münchener in Gegenwart von Bundesverkehrsminister Peter Ramsauer den *i3* und den *i8;* beides Konzeptfahrzeuge mit kohlefaserverstärkter Kunststoffkarosserie und Elektromotor. Die kleinere Version, der *i3,* ist ein rein batterieelektrisches Auto mit typisch bayerischem Heckantrieb (125 kW, Reichweite: 150 km). Dieses Stadtauto, das bisher unter dem Namen *Megacity Vehicle* promotet wurde (s. HZwei-Heft Okt. 2010), wird frühestens 2013 herauskommen. Anvisierter Preis: rund 40.000 Euro. Als erstes Fahrzeug weltweit soll es über Bauteile aus Aluminium und auch aus CFK verfügen, die aus dem Joint-Venture von BMW mit SGL Carbon hervorgehen. Klaus Dräger, Vorstandsmitglied für Entwicklung, erklärte: „Dieses Fahrzeug wird den Beginn der Serienproduktion von Fahrzeugen, die zu einem großen Anteil aus Carbon gefertigt wurden, markieren. Das ist eine Revolution im Automobilbau."

Der *i8,* ein Hybrid mit Elektro- und Verbrennungsantrieb, könnte ein Jahr später folgen. Dräger sagte dazu: „Der BMW i8 Concept ist der Sportwagen für eine neue Generation – rein, emotional und nachhaltig." Der 2+2-Sitzer soll mit seinem 3-Zylinder-Verbrennungsmotor (164 kW) durchschnittlich weniger als 3 l Benzin auf 100 km verbrauchen und kann 35 km rein elektrisch zurücklegen. Die Produktion wird voraussichtlich zusammen mit dem *i3* in Leipzig erfolgen. ||

more than just fuel cells

PM
PROTON MOTOR
Proton Power Systems plc Group

Proton Motor ist Experte für Brennstoffzellen- und Hybridsysteme sowie Industrial Fuel Cells mit mehr als 15 Jahren Erfahrung. Das Unternehmen bietet komplette Brennstoffzellen- und Hybridsysteme aus einer Hand – von der Entwicklung und Herstellung bis zur Implementierung maßgeschneiderter Lösungen.

Zur Verstärkung unseres Teams haben wir in der Abteilung Technik ab sofort folgende Positionen zu besetzen (m/w):

Konstrukteur Brennstoffzellenstacks und -systeme
Techniker oder Ingenieur

Entwicklungsingenieur Brennstoffzellen-Peripherie
Wasserkühlung, Luft- und Wasserstoffversorgung

Assistenz der Technischen Leitung
Wirtschaftsingenieur oder Ingenieursausbildung, gerne auch Berufseinsteiger

VON ALLEN BEWERBERN ERWARTEN WIR:
- verhandlungssichere Englischkenntnisse
- Einsatzbereitschaft und Teamfähigkeit

Die detaillierten Stellenbeschreibungen finden Sie unter www.proton-motor.de → Karriere.
Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen mit Gehaltsvorstellung und frühestmöglichem Eintrittstermin senden Sie bitte an:

Proton Motor Fuel Cell GmbH
– Personalabteilung –
Benzstraße 7, D-82178 Puchheim
personal@proton-motor.de
www.proton-motor.de

Zur Verstärkung unseres dynamischen und innovativen Teams suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen/e

Fachliche/n Leiter/in Seminarbetrieb (m/w)

Ihr Aufgabengebiet
- Seminarplanung: Koordination von Themen und Referenten
- Kontinuierliche Weiterentwicklung des Seminar-Angebotes
- Ausarbeitung und Halten von Standard-Präsentationen
- Moderation / Leitung einzelner Veranstaltungen
- Mitarbeit in Förderprojekten im Bildungsbereich

Ihr Profil
- Universitäts- oder Hochschulstudium im Bereich der Ingenieur- oder Naturwissenschaften
- Kenntnisse im Bereich der erneuerbaren Energien
- Gutes Verständnis für betriebswirtschaftliche Aspekte
- Idealerweise Berufserfahrung im Bereich der beruflichen oder akademischen Bildung

Wir bieten
- Verantwortungsvolle Tätigkeit in einem innovativen Umfeld
- Vergütung angelehnt an den öffentlichen Dienst (TV-L). Das Arbeitsverhältnis ist zunächst auf 3 Jahre befristet.

Das WBZU ist eine Aus- und Weiterbildungseinrichtung für erneuerbare und innovative Energietechnologien. Neben der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie zählen Batterien und deren Anwendungen in der Elektromobilität zu den thematischen Schwerpunkten der Bildungsangebote des Vereins.

WBZU

Bei Interesse senden Sie Ihre aussagefähigen schriftlichen Bewerbungsunterlagen:
per Post: WBZU e.V., Manuela Egger, Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm
per e-Mail: manuela.egger@wbzu.de

Weitere Informationen zum WBZU: www.wbzu.de

TERMINKALENDER

OKTOBER

18.-19.10. econ-fleet
Messe & Konferenz, Münster, Halle Münsterland, Tel. 0251-660046-4, Fax -9, *www.econ-fleet.de*

18.-20.10. eCarTec
Kongress & Messe, München, MunichExpo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9, *www.ecartec.de*

25.-26.10. Hydrogen & Fuel Cells in the Nordic Countries
Kongress, Malmö/Schweden, Hydrogennet, Tel. +46-40-258550, *www.hfcnordic.se*

31.10.-03.11. Fuel Cell Seminar & Exposition
Messe & Konferenz, Orlando/USA, Fuel Cell Seminar Headquarters, Tel. +1-202-973-8671, Fax -331-0111, *www.fuelcellseminar.com*

NOVEMBER

2.11. Niedersächsische Forum für Brennstoffzellen & Elektromobilität
Konferenz, Hannover, Landesinitiative Brennstoffzelle & Elektromobilität Niedersachsen, Tel. 0551-900499-0, Fax -49, *www.brennstoffzelle-nds.de*

3.-4.11. Hochvolt-Systeme von Fahrzeugen
Seminar, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

3.-5.11. Energie-Symposium Stralsund
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-45-6713, Fax -711713, *www.fh-stralsund.de*

7.-8.11. NIP-Vollversammlung
Versammlung, Berlin, NOW, Tel. 0211-8664223, *www.now-gmbh.de*

7.-10.11. Lithium Battery Power/ Battery Safety
Konferenz, Las Vegas/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

9.-10.11. Lebenswelt Elektromobilität
Konferenz, Mannheim, m:con, Tel. 0621-4106-0, Fax -80121, *www.lebenswelt-elektromobilitaet.de*

9.-10.11. Wasserstoff im mobilen Einsatz
Workshop, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-23, Fax -43, *www.tae.de*

10.11. Sächsischer Brennstoffzellentag
Tagung, Leipzig, BZ-Initiative Sachsen, Tel. 0351-25536-48, Fax -00, *www.bz-sachsen.de*

16.-17.11. Ecomobil
Messe & Konferenz, Offenburg, Messe Offenburg, Tel. 0781-9226-91, Fax -77, *www.ecomobil-kongress.de*

17.-18.11. DENEX
Konferenz & Messe, Wiesbaden, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.denex.info*

17.-18.11. Forum Solarpraxis
Konferenz, Berlin, Solarpraxis, Tel. 030-726296-305, *www.solarpraxis.de*

17.-18.11. EnergieSpeicher
Konferenz, Köln, mcc, Tel. 02421-12177-0, Fax -27, *www.mcc-seminare.de*

21.-22.11. Batterien und Brennstoffzellen
Seminar/Konferenz, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

23.11. Brennstoffzellenforum Hessen
Konferenz, Congress Park Hanau, Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Initiative Hessen, Tel. 0611-7748-959, Fax -620, *www.h2bz-hessen.de*

28.-30.11. Elektromobilität
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

28.-29.11. WindForum
Konferenz, Köln, mcc, Tel. 02421-12177-0, Fax -27, *www.mcc-seminare.de*

28.-30.11. IRES 2012
Konferenz, Berlin, Eurosolar, Tel. 0228-36-2373, Fax -1279, *www.eurosolar.org*

29.11.-2.12. EuroMold
Messe, Frankfurt/M., Demat, Tel: 069 / 27 40 03 - 0, Fax -40, *www.euromold.com*

DEZEMBER

5.12. Lithium-Ionen-Batterien für mobile Anwendungen
Workshop, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-23, Fax -43, *www.tae.de*

6.12. Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologie
Basis-Seminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

7.12. Jahrestreffen Netzwerk Brennstoffzelle & Wasserstoff NRW
Kongress, Duisburg, KNBW, Tel. 0211-86642-16, Fax -22, *www.brennstoffzelle-nrw.de*

7.-8.12. Lithium-Batterien
Fach-Seminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

14.-16.12. European Fuel Cell
Konferenz & Messe, Rome/Italien, ENEA, Tel. +39-75-5-853737, Fax -734871, *www.europeanfuelcell.it*

2012

JANUAR

22.-27.01. Symposium Hydrogen & Energy
Kongress, Dübendorf/Schweiz, EMPA, Tel. +41-44-8234-692, Fax -022, *www.empa.ch/h2e-symposium*

23.-24.1. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228-81002-22, Fax -58, *www.kraftstoffe-der-zukunft.com*

FEBRUAR

7.-9.02. E-world energy & water
Messe, Essen, E-world energy & water GmbH, Tel. 0201-1022-210, Fax -333, *www.e-world-2012.com*

8.02. Fachkongress Zukunftsenergien
Konferenz, Essen, EnergieAgentur. NRW, Tel. 0211-86642-0, Fax -22, *www.energieagentur.nrw.de*

8.-9.02. CAR-Symposium
Konferenz, Bochum, Center Automotive Research, Tel. 0203-379-1111, Fax -4157, *www.uni-due.de/car/car_10.php*

21.-25.02. Solar Energy
Messe, Berlin, ProFair, Tel. 05121-20626-0, Fax -26, *www.messen-profair.de/Solarenergy*

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

PLANET GbR,
Ingenieurbüro für Energie- und Versorgungstechnik,
Donnerschweer Str. 89/91, 26123 Oldenburg, Tel. 0441-85051,
info@planet-energie.de

BRENNSTOFFZELLEN

ECG GmbH ElektroChemischeGeneratoren,
Widdersdorfer Str. 240, 50825 Köln, Tel. 0221-6777-3530,
kontakt@ecg-online.com, www.ecg-online.com

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck,
Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris Energy Solutions AG,
Tel. 030-340601-600, Fax -599,
sales@heliocentris.com, www.heliocentris.com

ELEKTROLYSEURE

Diamond Lite S.A., Rheineckerstr. 12, PF 9,
CH – 9425 Thal, Tel. +41-(0)71-880020-0, Fax -1,
diamondlite@diamondlite.com, www.diamondlite.com

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

DLR Institut für Technische Thermodynamik,
Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart,
Tel. 0711-6862-346, Fax -747,
www.dlr.de/tt

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,
Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg/Br.,
Tel. 0761-4588-5208, Fax -9000, *www.h2-ise.de*

Fraunhofer-Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin,
Tel. 030-3147283-3, Fax -5, *www.izm.fraunhofer.de*

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH,
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht,
Tel. 04152-87-0, Fax -1403, *www.gkss.de*

IMM Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH,
Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900,
www.imm-mainz.de, Reformer und Wärmetauscher

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT gGmbH,
Carl-Benz-Str. 201, 47057 Duisburg,
Tel. 0203-7598-0, Fax -2222,
info@zbt-duisburg.de, www.zbt-duisburg.de

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW),
Helmholtzstr. 8, 89081 Ulm,
Tel. 0731-9530-0, Fax -666,
info@zsw-bw.de, www.zsw-bw.de

MEDIEN

H2Gate, Rosenhagenstr. 42, 22607 Hamburg,
Tel. 040-8901824-4, Fax -5,
www.h2gate.de

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

Werum Software & Systems AG,
Wulf-Werum-Straße 3, 21337 Lüneburg,
Tel. 04131-8900-0, Fax -20,
info@werum.de, www.werum.de

ORGANISATION

NOW GmbH, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie,
Fasanenstrasse 5, 10623 Berlin,
Tel. 030-3116116-43, Fax -77,
www.now-gmbh.de

PRÜFTECHNIK

Maximator GmbH, Hochdrucktechnik,
Lange Straße 6, 99734 Nordhausen,
Tel. 03631-9533-0, Fax -5010,
info@maximator.de

TECHNOLOGIEZENTREN

HIAT gGmbH, Schwerin, CCMs/MEAs für PEFC, DMFC & PEM-Elektrolyse, DMFC-Membranentwicklung, Prozessentwicklung MEA/CCM-Fertigung, Qualitätssicherung,
www.hiat.de

H2Herten, Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum
Doncaster-Platz 5, 45699 Herten
d.kwapis@herten.de, www.wasserstoffstadt.de

Partner bei HyCologne,
Zugang zu H_2-Projekten,
H_2-Tankstelle,
H_2-Infrastruktur,
Büros, Gründersupport, Sekretariats- & Konferenzservice,
Tel. 02233-406100
www.start-huerth.com, h2@start-huerth.com,

VERANSTALTER

European Fuel Cell Forum,
Obgardihalde 2, 6043 Luzern-Adligenswil, Schweiz,
Tel. +41-4-45865644, Fax 35080622,
forum@efcf.com, www.efcf.com

18. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen
Hannover Messe 2012, 23.-27. April, Tobias Renz FAIR
Megan McCool, *megan@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

EW Medien und Kongresse GmbH,
Kleyerstraße 88, 60326 Frankfurt am Main,
Tel. 069-7104687-330, Fax -459,
www.ew-online.de

E-world energy & water GmbH,
Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333,
www.e-world-2010.com, mail@e-world-essen.com

Haus der Technik e.V.,
Hollestr. 1, 45127 Essen, Tel. 0201-18032-49, Fax -63,
www.hdt-essen.de

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,
Wankelstraße 1, 70563 Stuttgart,
Tel. 0711-656960-50, Fax -99,
www.f-cell.de

Technische Akademie Esslingen e.V.,
An der Akademie 5, 73760 Ostfildern,
Tel. 0711-34008-29, Fax -30,
www.tae.de

VEREINE & VERBÄNDE

Deutscher Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Verband e.V.,
Tietzenweg 85/87, 12203 Berlin,
Tel. 030-398209946-0, Fax -9,
www.dwv-info.de

Forum ElektroMobilität e.V.

Forum Elektromobilität e.V., c/o Fraunhofer Forum Berlin
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2, 10178 Berlin
Tel. 030-2404745-8, Fax -9
www.forum-elektromobilitaet.de

H2BZ-Initiative Hessen e.V.,
Abraham-Lincoln-Str. 38-42, 65189 Wiesbaden,
Tel. 0611-774-8959, info@h2bz-hessen.de,
www.h2bz-hessen.de

h2-netzwerk-ruhr,
Doncaster-Platz 5, 45699 Herten,
info@h2-netzwerk-ruhr.de, www.h2-netzwerk-ruhr.de

HyCologne – Wasserstoff Region Rheinland e. V.,
Goldenbergstr. 1, 50354 Hürth,
Tel. 02233-406123,
www.hycologne.de

WEITERBILDUNG

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck,
Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris Energy Solutions AG,
Tel. 030-340601-600, Fax -599,
sales@heliocentris.com, www.heliocentris.com

Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V.,
Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731-1 75 89-0, Fax -10,
info@wbzu.de, www.wbzu.de

ZULIEFERER

Bürkert Werke GmbH & Co. KG,
Christian-Bürkert-Str. 13-17, 74653 Ingelfingen,
Tel. 07940-10-0, Fax 91204,
www.buerkert.com

Buschjost GmbH,
Detmolder Str. 256, 32545 Bad Oeynhausen,
Tel. 05731-791-0, Fax -179, *www.buschjost.de*

Eisenhuth GmbH & Co. KG,
Friedrich-Ebert-Str. 203, 37520 Osterode am Harz,
Tel. 05522-9067-14, Fax -44, *www.eisenhuth.de*

EPH elektronik Produktions- & Handelsgesellschaft mbH,
Rudolf-Diesel-Str. 18, 74354 Ottmarsheim,
Tel. 07143-8152-0, Fax -50,
www.eph-elektronik.de, www.g-e-o-s.de

GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG,
Im Meisenfeld 1, 32602 Vlotho,
Tel. 05228- 779-0, Fax -190,
www.ventiltechnik.de

Moehwald GmbH,
Michelinstraße 21, 66424 Homburg,
Tel. 06841-7-070, Fax -9108,
www.moehwald.de

Sharp Electronics (Europe) GmbH,
Sonninstraße 3, 20097 Hamburg,
Tel. 040-2376-0, Fax -2510,
www.sharp.de

SMA Solar Technology AG,
Sonnenallee 1, 34266 Niestetal,
Tel. 0561-9522-3308, Fax -4896,
www.sma.de

WCRE

EUROSOLAR
The European Association for Renewable Energy

EUROSOLAR und
der Weltrat für Erneuerbare Energien (WCRE)
laden ein

International Renewable Energy Storage Conference IRES

6. Int. Konferenz und Ausstellung zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES 2011)

28. - 30. November 2011

bcc Berliner Congress Center, Berlin

In Kooperation mit:

EnergieAgentur.NRW · EUROBAT · IFBF · WWEA · ACORE · ESA · cost · BSW

Sponsoring:

VRD Stiftung für Erneuerbare Energien

Medienpartner:

powernews.org Energie & Management · neue energie · new energy · HZwei

Weitere Informationen und Anmeldung:
www.eurosolar.org

elektro:mobilia
4. Kompetenztreffen Elektromobilität

www.elektromobilia.de

Köln, 22. – 23. Februar 2012

elektro:mobilia

DIE INTERNATIONALE FACH-MESSE FÜR ELEKTROMOBILITÄT

- Abbildung der elektromobilen Wertschöpfungskette
- Strikte B 2 B Ausrichtung
- Enge Vernetzung zwischen Kompetenztreffen Elektromobilität und Messe
- e:Forum mit Fokus auf Fuhrpark- und Flottenmanager sowie Stadtwerke
- Integrierter Testparcours
- Informations- und Businessplattform der Branche

FRÜHBUCHERRABATT FÜR AUSSTELLER BIS ZUM 31.10.2011

FACHKONGRESS

FACHMESSE

TESTPARCOURS

4. Kompetenztreffen Elektromobilität

MIT SPANNUNG IN DIE ZUKUNFT

Auswahl Referenten:

- Karl-Friedrich Stracke
  Vorsitzender des Vorstandes Adam Opel AG
- Prof. Dr. Burkhard Göschel
  CTO Magna International
- Matthias Wissmann
  Präsident des VDA e.V.
- Dr. Norbert Verweyen
  Geschäftsführer RWE Effizienz GmbH
- Kurt Sievers
  Geschäftsführung NXP Semiconductors Germany

Das komplette Programm finden Sie unter www.elektromobilia.de

JETZT REGISTRIEREN:
www.elektromobilia.de

Weitere Informationen:
Koelnmesse GmbH,
Messeplatz 1, 50679 Köln
Diana Dréan
Tel.: 0221-821 2499
d.drean@koelnmesse.de

ZVEI · koelnmesse